



**УНИВЕРЗИТЕТ „ГОЦЕ ДЕЛЧЕВ“ – ШТИП**

**ФАКУЛТЕТ ЗА ПРИРОДНИ И ТЕХНИЧКИ НАУКИ**

**ИНЖЕНЕРСТВО НА ЖИВОТНАТА СРЕДИНА**

**ШТИП**

**Даниела Нелепа Дамеска**

**РЕЦИКЛИРАЊЕ НА ОТПАДНО СТАКЛО И НАЧИН НА НЕГОВА ПОВТОРНА  
УПОТРЕБА**

**МАГИСТЕРСКИ ТРУД**

**Штип, 2015 година**

Комисија за оценка и одбрана

- Ментор: Проф. д-р Борис Крстев, редовен професор  
Катедра: Методологија на научно-истражувачка работа  
Факултет за природни и технички науки
- Член: Проф. д-р Благој Голомеов, редовен професор  
Катедра: Моделирање на животна средина  
Факултет за природни и технички науки
- Член: Проф. д-р Мирјана Голомеова, редовен професор  
Катедра: Третман на загадени води  
Факултет за природни и технички науки

### **Благодарност и посвета:**

Чувствувам должност и обврска да изразам благодарност до сите кои на каков било начин помогнаа за реализирање на овој магистерски труд.

За прифаќањето на овој магистерски труд, за севкупно дадената помош воопшто, за укажаните совети, поуки и сугестии, изразувам голема благодарност до менторот проф. д-р Борис Крстев.

Воедно сакам да изразам благодарност до Одделот за управување со отпад при МЖСПП, особено до раководителот, м-р Ана Каранфилова Мазневска за сите стручни консултации, пријателски совети и искажаната доверба.

Благодарам на мојата фамилија и пријателите за поддршката и разбирањето што постојано ми ја даваат и без коишто никогаш не би имала мотив да го завршам ова дело.

## **Наслов: РЕЦИКЛИРАЊЕ НА ОТПАДНО СТАКЛО И НАЧИН НА НЕГОВА ПОВТОРНА УПОТРЕБА**

### **АПСТРАКТ:**

Во трудот се прикажани можности за примена на рециклирано стакло во градежната индустрија преку учество на отпадното стакло во производство на агрегати за бетон и асфалт. Огромни количини на бетон кои се произведуваат во светот имаат потреба за големи количини на агрегати за бетон. На тој начин сè повеќе се уништува природата (експлоатација на шљунак, камен и др.)

Од друга страна, стаклената амбалажа, флуоресцентните цевки, стаклото од ЦРТ мониторите како стаклен отпад многу малку се искористува (реупотребува). Огромни количества на стаклениот отпад се одложуваат на комунални депонии со што се намалува нивниот век.

Индустријата на стакло може да преработи 20% од отпадното стакло преку рециклажа.

Трудот содржи преглед на можностите за примена на стаклениот крш и регулативи кои опфаќаат згрижување на стаклото добиено од различни извори.

Исто така, во овој труд ќе бидат презентирани најважните физичко-механички карактеристики на лесни бетони, добиени од преработен отпаден експандиран стаклен агрегат и можност за негова примена. Наведени се предности и ограничувања на таквите видови материјали.

**Клучни зборови:** *рециклирано стакло, бетон, агрегат, заштита на околина.*

## **TITLE: WASTE RECYCLING OF GLASS AND METHOD OF REUSE**

### **ABSTRACT:**

*The paper shows the possibilities for the application of recycled glass in the construction industry through the participation of waste glass in production of aggregates for concrete and asphalt. Huge amounts of concrete produced worldwide require large quantities of aggregates for concrete. Thus increasingly is destroying nature (exploitation of sand, stone, etc.).*

*On the other hand, glass bottles, fluorescent tubes, glass CRT monitors; glass waste is very little used (reused). Huge amounts of waste glass are disposed on the municipal landfills which reduces their life. Glass industry can process 20% of waste through recycling glass.*

*The paper contains an overview of the possibilities for the application of waste glass and regulations governing the waste glass obtained from various sources.*

*Also, in this paper will be presented the most important physical mechanical properties of lightweight concrete obtained from processed waste glass aggregate and expanded opportunity for its application. Listed below are the advantages and limitations of these types of materials.*

**Key words:** *recycled glass, concrete, aggregate, environmental protection*

## СОДРЖИНА

1. ВОВЕД.....	4
2. ПРЕГЛЕД НА ЛИТЕРАТУРА .....	6
3. ЦЕЛ НА ИСТРАЖУВАЊЕТО .....	7
4. МЕТОДОЛОГИЈА НА ИСТРАЖУВАЊЕТО .....	9
4.1 Прибирање на расположливи литературни податоци за проблематиката.	9
4.2 Истражување на пазарот за отпадно стакло.....	9
4.3 Стакло како сировина;.....	9
5. ОСНОВНИ ПОДАТОЦИ ЗА СТАКЛОТО .....	10
5.1. Хемиски состав и структура на стакло .....	10
5.2. Основни својства на стаклото .....	13
5.3. Класификација на стаклото .....	14
5.4 Производство на стакло .....	15
5.4.1 Сировини за производство на стакло .....	16
5.4.2 Секундарна сировина - стаклен крш.....	17
5.4.3 Помошни сировини .....	18
6. УПРАВУВАЊЕ СО ЦВРСТ ОТПАД ВО РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА.....	18
6.1 Политика за управување со отпадот .....	20
6.2 Статус на институциите и на надлежните органи.....	21
6.3 Општо ниво на јавната свест.....	22
6.4 Економски прашања.....	22
6.5 Одржлив развој за управување со постојани текови на отпад .....	23
6.6 Сегашна состојба со управувањето со стаклен отпад во РМ .....	24
7. РЕЦИКЛИРАЊЕ НА ОТПАДНО СТАКЛО И НАЧИН НА НЕГОВА ПОВТОРНА УПОТРЕБА.....	27
7.1 Спецификации за „стаклен агрегат“ .....	28
7.2 Користење на стакло како абразив за песарење .....	33

7.3 Набивање и пополнување со стакло .....	35
7.4 Тестирање на употребата на стаклото како медиум за хидропонски метод на одгледување на растенија .....	37
7.5 Епоксидни апликации за рециклирано стакло .....	39
7.6 Подготовка и поставување на гласфалт .....	41
7.7 Апликации за уредување на терени со рециклирано стакло -декорација .....	44
7.8 Спецификации на стаклен крш за производство на изолација од фиберглас.....	47
7.9 Рециклиран стаклен песок како алтернативна опција за подлоги за цевки .....	50
7.10. Покривање на депонија .....	52
8. ЗАКЛУЧОК.....	53
9. ДИСКУСИЈА.....	60
9.1 Економски аспекти .....	60
9.1.1 Кршење на стакло со користење на тешка механизација.....	60
9.1.2 Дробење на стакло со користење на преносна опрема за дробење ..	61
9.1.3 Дробење на стакло со користење на фиксна опрема за дробење.....	61
9.1.4 Заштеда од пренасочување на отпадот.....	61
9.1.5 Трошоци за основање .....	62
9.2 Можности за вработување .....	63
10. ПРИЛОЗИ.....	63
КРАТОК ПРЕГЛЕД НА МОЖНОСТИ ЗА ПРЕТПРИЕМНИШТВО .....	63
Табела 3. Обичен материјал за полнење / материјал за затрупување од ископи.....	64
Table 3. Plain filler material / material encumbering the excavation .....	64
Табела 4. Изградба на патишта/автопати .....	65
Table 4. Construction of roads / highways .....	65

Табела 5. Гласфалт .....	66
Table 5. Glasfalt.....	66
Табела 6. Подлога за цевки и асфалтирање .....	67
Table 6. Substrate for pipes and paving .....	67
Табела 7. Покривање на депонија .....	68
Table 7. Covering the landfill.....	68
Табела 8. Пескарење и абразиви .....	69
Table 8. Blasting and Abrasives.....	69
Табела 9. Агрегати за уредување на терен и декорација .....	71
Table 9. Aggregates editing field and decoration .....	71
Табела 10. Филтрација и дренажа .....	72
Table 10. Filtration and drainage .....	72
Табела 11. Керамика.....	73
Table 11. Ceramics.....	73
11. КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА (REFERENCES) .....	74



## 1. ВОВЕД

Глобализацијата предизвика многу општествени и политички промени, постави нови прашања и нови очекувања од деловната заедница. Заради адаптација на новите позиции на пазарот, Европската Унија интензивно го промовира *концептот на одржлив развој и општествено одговорно однесување* како едно од начините за соочување со големите предизвици како демографските и климатските промени, еколошката загрозеност и недостатокот на природните ресурси.

*Одржлив економски развој* со зачувување на животната околина и зајакнување на општествената кохезија, се основни постулати за општествено одговорно однесување кои станаа приоритетна политика на Европска Унија.

ЕУ го дефинира *општественото одговорно однесување* како концепт со кој претпријатијата интегрираат општествени и еколошки цели во свои деловни операции и односи со заинтересираните страни на доброволна база.<sup>1</sup>

Човечките активности и современиот начин на живот се од голема важност врз глобалната животна средина. Особено за прашањата поврзани со сè поголемото загадување на воздухот, водата и почвата, како и создавањето на сè поголемо количеството на отпаден материјал.

Порастот на концентрацијата на населението по градовите како и порастот на индустриското производство и потрошувачката влијае на поголемо користење на енергијата и материјалните добра, што директно води *кон зголемување на количините на отпад* (од разни видови), кој во еколошка смисла доведува до сè поголемо загадување на животната средина. Отпадот е последица на човековите активности, а одржливиот развој еден од императивите на денешницата. Постапувањето со отпадот е составен дел на одржливото управување со материјалите кое мора да има своја директна и индиректна економска оправданост. Анализите покажаа дека ефикасното користење на отпадот значајно може да ја намали потребата за примарни сировини и енергија, со истовремена заштеда на животниот простор како и заштита на животната средина.

---

<sup>1</sup> Европска комисија(2010) Enterprise and industry: suitable and responsible business (online) Brussels: European Commission. Достапно на :[http://ec.europa.eu/enterprise/policies/sustainable-business/corporate-social-responsibility/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/enterprise/policies/sustainable-business/corporate-social-responsibility/index_en.htm)

Усвојувањето на прописите и инструментите за управување со отпад во Република Македонија, што се применуваат во земјите на ЕУ претставува обврска, но од друга страна ова претставува можност за побрзо и поефикасно решавање на проблемите со управувањето со отпадот.

*Управувањето со отпадот* претставува збир на активности, одлуки и мерки воспоставени во насока за спречување на создавање на отпадот, намалување на количеството на отпад и намалување на севкупните ефекти на отпадот врз животната средина. Управувањето со отпадот е потребно да се спроведува на начин кој не го загрозува здравјето на луѓето и животната средина.<sup>2</sup>

Имено, постигнувањето на стратешките цели на Република Македонија е засновано на постапно спроведување на општата шема за управување со отпадот, со којашто се дефинира концептот на техничката и технолошката рамка за управување со отпад, приспособена кон карактеристиките на животната средина во Македонија.

Успешното спроведување на концептот за управување со отпад, кој во голема мера опфаќа искористување на материјали/енергија од отпадот зависи од обезбедувањето на меѓусебно поврзани клучни мерки: законска регулатива за управување со отпад, институционални и организациски мерки, економски мерки, мерки за заштита на природното и културното наследство, мерки за заинтересираните субјекти и за развивање на свеста кај јавноста во врска со проблемите со отпадот и истражувачки и развојни активности со цел да се поттикне стекнување и надградба на сопствените знаења.

Во фокусот на вниманието во овој труд беше да се потенцира концепт на одржлив развој во однос на различните видови на цврст отпад, со посебен фокус на стаклото како компонента на цврстиот отпад.

Во трудот се укажува на неопходноста и економската оправданост на вклучување на отпадните сировини во процесот на репродукција, а сè со цел создавање на услови за одржлив стопански развој на подолг период.

---

<sup>2</sup> Закон за управување со отпад („Службен весник на Република Македонија “ бр. 09/11, 123/12, 147/13 и 163/13)

Трудот е структуриран во вкупно 11 поглавја и на 77 страници содржи слики, графички прикази и табелирани анализи.

## 2. ПРЕГЛЕД НА ЛИТЕРАТУРА

За изработка на овој магистерски труд користена е книга 5 ИНЖЕНЕРСТВО НА МАТЕРИЈАЛИ (книга е создадена како дел од проектните активности во рамките на Темпус проектот Tempus158989-Tempus-1-2009-1-BE-Tempus-JPHES „Creation of university enterprise cooperation networks for education on sustainable technologies“) од авторите Емилија Фиданчевска, Универзитет „Св. Кирил и Методиј“ во Скопје, Технолошко-металуршки факултет, Скопје, Република Македонија и Винета Сребренкоска Универзитет „Гоце Делчев“, Технолошко-технички факултет, Штип, Република Македонија. Исто така во ова поглавје се користени и податоци од РЕЦИКЛАЖА И ОДРЖИВИ РАЗВОЈ / RECYCLING AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT Радмило Николић 1, Слађана Перовић 2 1 Технички факултет Бор, Универзитет у Београду 2Факултет за менаџмент Зајечар, Мегатренд Београд.

За разработување на темата во поглавјето 6 (6.4) УПРАВУВАЊЕ СО ОТПАД ВО РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА користени се податоци „Воспоставување на систем за управување со отпад од пакување во Република Македонија“ од авторите Зоран Шапуриќ, Филип Ивановски (Универзитет Американ Колеџ Скопје) Ана Каранфилова Мазневска (Министерство за животна средина и просторно планирање на РМ) и Вулнет Зенки (Југоисточен Европски Универзитет Тетово), 2013 година. Во истото поглавје во точка 6.5 користен е учебникот Животна средина и одржлив развој – Регулативи и политики од д-р Зоран Шапуриќ, во издание на Универзитет Американ Колеџ Скопје, 2010 г., кој дава осврт за состојбите во РМ и одржливиот развој како и податоци од Национална проценка за одржлив развој – усвоена од Влада на Република Македонија јули, 2002 г.

Во поглавјето 7 користени се и веб-страници, особено:

- [http://en.wikipedia.org/wiki/Glass\\_recycling](http://en.wikipedia.org/wiki/Glass_recycling).

- [http://en.wikipedia.org/wiki/British\\_Standards](http://en.wikipedia.org/wiki/British_Standards). • British Glass Manufacturers Confederation–Public Affairs Committee (2003)
- Glass Recycling – Life cycle carbon dioxide emissions.
- [http://www.wrap.org.uk/downloads/British\\_Glass\\_Glass\\_Recycling\\_LifeCycle](http://www.wrap.org.uk/downloads/British_Glass_Glass_Recycling_LifeCycle)
- DEFRA Waste implementation programme (2007) A Report by Cranfield University and Enviro Consulting Limited: Defra waste implementation programme Wycombe district council, Health impact Assessment of alternate week waste collections of biodegradable waste. [http://www.enviros.com/PDF/Defra HIA Alternate Week Collections](http://www.enviros.com/PDF/Defra_HIA_Alternate_Week_Collections).

За сите претставени можности за рециклирање на отпадно стакло и начин на негова повторна употреба во глава 7 користена е литература публикувана од страна на Clean Washington Center од Австралија кој се фокусира на зголемување на пазарите и употреба на стока која може да се рециклира, од страна на производителите и на крајните корисници, со што се промовира економскиот развој и се зголемува рециклирањето. Над деведесет публикации се достапни на оваа веб-страница, кои можат да им помогнат на рециклаторите, производителите и даватели на услуги за да се развијат нови рециклирани производи и нови содржини на пазарите. Техничките публикации вклучуваат рециклирање на најдобрите практики за стакло, дрво, гума и пластика и истите беа искористени да се презентираат во овој магистерски труд.

### **3. ЦЕЛ НА ИСТРАЖУВАЊЕТО**

Стратегијата за управување со отпад на Република Македонија (2008-2020) е стратешки документ кој предвидува комплекс од мерки со цел да се елиминираат или да се ублажат влијанијата врз животната средина што се предизвикуваат од постојните несоодветни практики на управување со отпад и да се спроведе подготовката и реализацијата на интегриран и одржлив систем

за управување со отпад кој ќе биде ефективен во однос на трошоците, земајќи ги предвид клучните принципи на ЕУ за управување со отпад<sup>3</sup>.

Со оглед дека во нашата држава има несоодветни практики за постапување со стаклениот отпад и непостоење на инсталации за преработка на отпадното стакло, истражувањата на овој труд беа насочени кон разработка на процедурите за изнаоѓање на достапни техники за негова повторна употреба и подготовката на одржлив систем за управување со отпад од стакло.

Факт е дека несоодветното управување со отпадот претставува еден од најголемите загадувачи на животната средина. Процентуалното учество на стаклото како фракција од комуналниот отпад, согласно со податоците од Националниот план за управување со отпад, е околу 3,5%, па оттука направен е напор за изнаоѓање на решение и негова повторна примена.

Стаклото е невозможно да се разгради по природен пат, но во технолошка постапка стаклото може 100% да се рециклира без губиток на масата и квалитетот во интерес на заштита на животната средина и заштеда на енергијата. На тој начин се намалува потрошувачката на природните ресурси – сировини, увоз на готови производи, потрошувачка на енергија, но едновременно сакавме да го истражime и економскиот бенефит за евентуално заинтересираните деловни субјекти и можноста за формирање на нови работни места.

Во трудот се синтетизирани релевантни податоци за сегашната состојба со управувањето со стаклениот отпад во Република Македонија, а пред сè постојните практики на управување со стаклениот отпад. Трудот е ориентиран кон истражувачка дејност и презентирање на податоците за најдобрите достапни техники за рециклажа на отпадното стакло.

Од друга страна, во трудот се наведува потребата од формирање на рамка за постапно воспоставување на современ и одржлив систем за управување со цврстиот комунален отпад кој треба да се спроведе преку оптимална комбинација на различни законски, економски и комуникациски механизми .

---

<sup>3</sup> Стратегија за управување со отпад на Република Македонија (2008-2020) година („Службен весник на Република Македонија“ бр. 39/08)

## **4. МЕТОДОЛОГИЈА НА ИСТРАЖУВАЊЕТО**

Магистерскиот труд првично е ориентиран кон истражувачка дејност и приказ за најдобрите достапни техники за рециклажа и повторна употреба на отпадното стакло.

### **4.1 Прибирање на расположливи литературни податоци за проблематиката.**

- Примарниот метод за собирање на податоците вклучени во ова истражување е на база на квалитативна анализа. Можеме да се потпреме на широк спектар на печатени изданија: книги, академски трудови, извештаи од конференции, извадоци од списанија и on-line литература.

### **4.2 Истражување на пазарот за отпадно стакло**

- Истражувачка работа за количините на отпадно стакло од пакување кои се генерираат во РМ.
- Развој, влијанија и перспективи на рециклажа на отпадно стакло, предности и недостатоци.
- Најдобри практики за рециклирање на стакло.

### **4.3 Стакло како суровина; Истражувачка работа за можната употреба на рециклираното стакло од пакување во градежништвото и пошироко во РМ.**

- Истражување за применливоста на отпадното стакло од пакување во одредени градежни/индустриски области.
- Претставување на резултатите од тестирањата за одредување на соодветноста на отпадното стакло како суровина.
- Економска анализа.
- Краток преглед на можностите за претприемништво.

Првичните истражувања се фокусираа на консултации со клучните заинтересирани страни за проблематиката на стакло.

Прелиминарните факти и бројки се презентирани во овој труд. Спроведени се понатамошни консултации и истражување за да се проценат потенцијалните пазари за отпадно стакло.

## 5. ОСНОВНИ ПОДАТОЦИ ЗА СТАКЛОТО

Стаклото е многу важен материјал, кој е постојано вклучен во секојдневниот живот, култура и технологија на луѓето ширум светот. Денеска се користи во сите сфери на човековото делување.

Составено е од природни материјали и претставува еколошки и биолошки неактивен материјал. Се базира на сировини кои ги има речиси во неограничени количества во природните извори, но сепак неопходно е да се води грижа за нивните природни резерви.

Стаклото во најопшта смисла претставува просирен, компактен и физички хомоген материјал настанат од неоргански силикатни раствори. Важно е да се напомене дека постои и друга дефиниција за стакло која произлегува од неговата структура т.е. дека стаклото е аморфна материја во која нема среден распоред на атоми на поголеми растојанија, па стаклото во таа смисла претставува изладена стопена маса (течност) со многу голем вискозитет.

### 5.1. Хемиски состав и структура на стакло

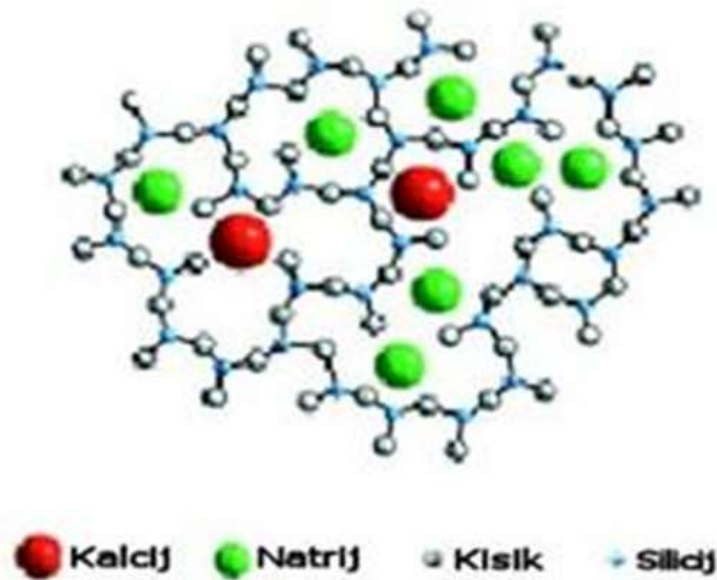
Стаклото по својот хемиски состав има неорганска оксидна природа. Тоа значи дека се состои од оксидни елементи кои се главно карбонати и силикати и ја прават основната смеса за топење. Во цврста агрегатна состојба тие елементи се во облик на јони споени во неправилна (некристализирана, аморфна) просторна организирана структура. Спрема W.H. Zachariasen, за создавање на стаклото прикладни се оксиди чии координациски број на катјони е мал ( $< 6$ ) и кои со поврзување на своите атоми можат да создадат мали полиедри како основни структурни единици. Освен тоа, нивниот анјон ( $O^{2-}$ ) може да биде поврзан со најмногу два атоми од полиедарот и така ги создава мостовите помеѓу полиедрите. Ова правило го задоволуваат елементите на силициум, бор, фосфор, германиум и арсен. Тие во стаклото ја создаваат тродимензионалната структурна мрежа.<sup>4</sup>

Најзначаен од нив е секако силициумот. Скоро сите индустриски и трговски важни стакла се темелат на силициум, односно на силициум-диоксид и на силикати па се нарекуваат силикатни стакла (кварцни стакла).

---

<sup>4</sup> W.H. Zachariasen "The Atomic Arrangement in Glass" Journal of Non-Crystalline Solids (Impact Factor: 1.72). 05/1982; 49(s 1–3):1–17. DOI: 10.1016/0022-3093(82)90105-3

Во стаклото секој кислороден атом е поврзан со два силициумови атоми. Согласно со формулата  $\text{SiO}_2$ , секој силициумов атом е опкружен со четири атоми на кислород и така го создава  $\text{SiO}_4$ -тетраедарот. Тетраедрите се поврзани со силни хемиски врски па затоа  $\text{SiO}_2$ -стаклото е цврсто, тврдо, тешко топливо и неадекватно за преработка. Заради ова стаклото содржи модификатори на мрежата, а тоа се алкални и земјоалкани метали. Алкалните оксиди, во прв ред оксиди на натриум и калиум, треба да ја ослабнат цврстата тетраедарска структура на  $\text{SiO}_2$ -стаклата и така ја овозможуваат неговата полесна преработка. Тоа се постигнува со вградување на кислородни атоми од тие оксиди на некои места во структурната мрежа при што се раскинува врската  $\text{Si-O-Si}$ , а металните катјони се сместуваат во настанатите слободни простори.



Слика 1: Структура на стаклото

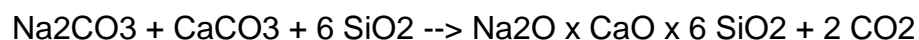
Figure 1: Structure of Glass

Ваквото алкално силикатно стакло или водено стакло е хемиски многу нестабилно и поради тоа се користат и други модификатори кои делуваат стабилизирачки. Такви се оксидите на земјоалкалните метали пред сè калциум-оксид  $\text{CaO}$  и магнезиум-оксид  $\text{MgO}$ , а понекогаш се користи и бариев оксид. За подобрување на преработувачките карактеристики како и употребните карактеристики на стаклото можат да се употребат и други видови на оксиди.



Аморфното стакло настанува при брзо ладење на растопената маса, така што ја задржува и структурата на течноста, но истовремено добива и особини карактеристични за супстанците во цврста агрегатна состојба, како што се цврстина и тврдина. Растворите на стакло наспроти растворите на кристалните материји се стврднуваат, но не кристализираат.

Хемискиот процес за производство на обичното натриумово стакло, можеме да го претставиме со равенкава:



Најочигледна предност на стаклото е едноставната хемиска структура.

Табела. 1: Компоненти и масени удели на стаклена смеса

Table: 1: Components and mass units of glass mixture

<b>Компоненти на стаклена смеса</b>		<b>Масен удел во %</b>
Силициум диоксид	SiO <sub>2</sub>	69,0 – 74,0
Алумиум оксид	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,50 – 3,00
Железо оксид	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,10 – 0,14
Натриум триоксид	Na <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12 – 15
Натриум-оксид	Na <sub>2</sub> O	12 – 16
Калциум оксид	CaO	8,00 – 12,00
Магнезиум оксид	MgO	0,00 – 6,00
Калиум оксид	K <sub>2</sub> O	0,00 – 1,00

Во Табела 1 претставени се масени удели изразени во проценти на компонентите на растопена смеса. Како основен елемент на стаклото е силициев диоксид, кварцен песок, (SiO<sub>2</sub> со удел од 69 до 74%), кој има точка на топење околу 2000°C и апсолутно е неекономичен за топење. Натриум-карбонатот Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (сода) со процентуален удел од 12%, овозможува топење и флуидност. Со додавање на сода се намалува точката на топење на 1000° C, но тогаш стаклото станува хемиски нестабилно и растворливо во вода (водно стакло). Растворливоста во вода се спречува со додавање на CaCO<sub>3</sub> калциум-карбонат (варовник) со удел од околу 12%, кој испушта јаглерод диоксид и преминува во калциум оксид CaO кој на стаклото му дава постојаност.

Присуството на смоли е во количество од околу 4%. Останатите 2% отпаѓаат на средства за бојење, како и оксиди и карбонати на други метали.

На стаклото може да се додадат состојки кои му ги подобруваат физичките и хемиските особини, на пример за превенција на кристализацијата се додава алуминиум-оксид ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), а за бојење на стаклото се додаваат: хром-оксид ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) – зелено; кобалт-оксид ( $\text{CoO}$ ) – сино; бакар-оксид ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ) – црвено; селен ( $\text{Se}$ ) – виолетово; ураниум-оксид ( $\text{U}_2\text{O}_3$ ) – жолто.

## 5.2. Основни својства на стаклото

Физичките и хемиските својства на стаклото зависат првенствено од неговиот хемиски состав. Земајќи го предвид фактот дека хемискиот состав на стаклото резултира со видови и количества на употребена сировина, значи и својствата на стаклото директно ќе зависат од градбените оксиди.

Основни својства на стаклото во течна состојба се: хомогеност, аморфност и прозирност, вискозност, површински напон и топлинска обработка на стакло, а во цврста состојба: хемиска постојаност, механички својства и други.

Наведените својства можат да се модифицираат со составот на стаклената смеса, со технологијата на производство, со процесот на обликување и со процесот на доработка.

Основни карактеристики на стаклото:

- Специфична маса на стаклото (густината)  $2,5\text{kg/m}^3$
- Модул на еластичност:  $0,07\text{ N/m}^2$
- Затегната цврстина:  $30\text{ N/mm}^2$
- Коефициент на топлоотно ширење:  $9 \times 10^{-6}$
- Оптички особини на стаклото: пропуштање, рефлексција и апсорпција
- Не гори и не е запаливо
- Има хомогена и мазна површина
- Лесно се чисти и одржува
- Отпорно на хемиски влијанија
- Постојано е во повеќето киселини и алкалии
- Не се раствора во вода и не кородира
- Не апсорбира нити испушта влага, ниту пак се витка и суши

- Не го менува обликот кој го добило преку термички третман
- Претставува современ градежен материјал и
- 1м<sup>2</sup> стакло со дебелина од 1 мм е тешко 2,5 кг

### 5.3. Класификација на стаклото

Стаклата општо се класифицираат и носат име согласно со хемискиот состав или намената, а многу познати видови на стакло имаат трговски имиња.

#### 1. Поделба на стаклото согласно со хемискиот состав

За силикатните стакла хемиското име се однесува на оној оксид кој е, освен силициум диоксидот - како основна компонента, за нив карактеристичен или најмногу застапен. Така главни видови на силикатни стакла се: натриумово стакло, калиумово стакло, оловно, борсиликатно или алумосиликатно стакло. *Силикатното стакло* има големо значење за примена во производството на амбалажа како и за примена во архитектурата.

#### 2. Поделба на стаклото согласно со намената:

- Обично, рамно стакло се употребува за изработка на прозорски стакла, стакла за огледала и најразлични стаклени садови.
- *Кристалното стакло* е најпознато и се употребува за изработка на кристални садови и сл.
- *Огноотпорно стакло* се користи во хемиски лаборатории и се карактеризира со нечувствителност на хемиски реагенси и промена на температура.
- *Кварцно стакло* отпорно на брзи промени на температурата. Се користи за изработка на хемиски прибор кој мора да поднесува нагли промени на температура, а бидејќи пропушта УВ-зраци се користи и во кварцни ламби.
- Шупливо (дувано) стакло за изработка на разни амбалажни и декоративни производи.
- Оптичко стакло за оптички помагала и инструменти.
- Специјални видови стакло.
- Стаклени влакна.

#### 3. Поделба на стакло во зависност од бојата

Стаклото може да има најразлични бои, но најчесто се среќава како транспарентно стакло, зелено и кафено стакло.

#### *4. Типологија на стакло*

Под типологија на стаклото се подразбира начин на кој стаклото се подготвува пред вградување.

1. Еднослојно стакло – е составено од една стаклена површина. Меѓусебно се разликуваат по дебелина, видот и обработката. Еднослојното стакло е најевтино и најшироко се применува.
2. Флоат стакло – денеска се користи и името обично стакло кое е со послаб квалитет се добива со метода на извлекување. Го носи името по постапката за добивање и се користи во градежништво за добивање на скоро сите стакларски производи.
3. Extre clear – тоа е флоат стакло со ниска концентрација на железо.
4. Парсол (апсорциско) стакло – Претставува стакло на кое во текот на производството се додава боја. Има широка примена заради можноста да впира светлина и топлотна енергија па се користи во автомобилската индустрија, градежништвото, индустријата за мебел итн.
5. Полурефлектно стакло – има нанесен метален оксид така што се комбинира топлотна заштита и рефлексција. Полурефлектното стакло ги одбива сончевите зраци и впира дел на светлината и енергијата. Може да биде безбојно, зелено и сино. Се користи за застаклување.
6. Стопсол (рефлектирачко стакло) – е стакло за контрола на енергија, изградено од флоат стакло и рефлектирачки слој.
7. Рефлексивно стакло – обично флоат стакло со скоро невидлив метален премаз кој го намалува сончевото загревање. Тој намаз го прави ефектот на огледало и се спречува видливоста низ стаклото.
8. Антирефлексивно мат стакло – Претставува комбинација на две пиролитички обработени стаклени површини.

#### **5.4 Производство на стакло**

Во зависност од производствената технологија и посакуваните својства на стаклениот производ се врши избор на потребни сировини за сировинската смеса, која со процесот на топење ќе даде хомоген материјал.

Основните фази при процесот на производство на стакло се: подготовка на сировините, топење на стаклото, обликување, ладење и дополнителна обработка на предметите од стакло.



Слика 2. Производи од стакло

Figure 2 . Gass products

#### 5.4.1 Сировини за производство на стакло

Списокот на основните сировини кои се користат во стакларската индустрија е многу голем. Но, во овој труд се наведени сировини кои најчесто се користат во масовното производство на обичното стакло:

- Силициум диоксид,  $\text{SiO}_2$ , главна компонента на силикатните стакла и ја формира тродимензионалната структура. Главен извор на силициум диоксид е кварцен песок и е најважна сировина во производството на стакло.
- Бор (III)-оксид,  $\text{B}_2\text{O}_3$  е важна компонента за специјални видови на стакло (огноотпорни стакла).
- Фосфор (V)-оксид,  $\text{P}_2\text{O}_5$ , се користи во постапка за доработка - заматување.
- Натриум-оксид  $\text{Na}_2\text{O}$ , најделотворен е во намалувањето на вискозноста заради полесно топење и преработка на стаклото.
- Калиев-оксид  $\text{K}_2\text{O}$  освен во намалувањето на вискозноста и полесното топење, има и други предности како поголема отпорност на температурни промени, помазни површини, полесно се доработуваат и посјајни се.
- $\text{Na}_2\text{SO}_4$  е поевтина сировина, но не дава потполно безбојно стакло.
- Оксиди на земно алкални метали и тоа оксиди на  $\text{Ca}$ ,  $\text{Mg}$  и  $\text{Ba}$  се структурни модификатори. Улогата на овие оксиди  $\text{CaO}$  и  $\text{MgO}$  е да придонесат кон поголема отпорност на стаклото кон вода, киселини и алкалии.
- Стаклото со бариев оксид  $\text{BaO}$ , хемиски е нешто помалку отпорно. Во помали количини ја намалува вискозноста и го проширува подрачјето за

употреба на стаклото, па тие се користат за изработка на големи предмети со калапи, на пр. катодни цевки за телевизори и монитори.

- Алуминиум-оксид  $\text{Al}_2\text{O}_3$  со удел од 1% ги подобрува својствата на стаклото. Суровините со кои се внесува алуминиум-оксид во смесата за топење се природни алуминиумски минерали и карпи.
- Олово (II)-оксид,  $\text{PbO}$  се користи при добивање на оловно стакло (кристал) кога карбонатот се заменува со оловен оксид ( $\text{PbO}$ ). Оловното стакло има одлични оптички особини.
- Цинк оксид се додава на стаклото заради отпорност на температурни промени.

#### **5.4.2 Секундарна суровина - стаклен крш**

Стаклениот крш во производството на амбалажно стакло е многу важна секундарна суровина. Во последниве години примената на кршот има сè поголема важност заради зголемените напори за заштита на околината.



Слика 3 Отпадно стакло  
Figure 3 Waste glass

Уделот на кршот во суровинската смеса може да биде во различни масени проценти. Во смесата на основни суровини може да се додаде и до 70%, па и повеќе крш (кафено и зелено стакло), додека кај белото стакло тој процент е помал до 40%; (во најголема мерка зависи само од квалитетот на рециклираниот стаклен крш).

За употреба на стаклениот отпад во производството на амбалажа особено е важно стаклениот крш од рециклажа да биде поделен по боја, да биде чист од несакани примеси и исклучиво мора да биде од амбалажа.

Во стаклениот крш на амбалажното стакло не смее да има керамички и порцелански отпад, лабораториско стакло, кристално или стакло за маси, од огледало, ветробранско и прозорско стакло како и термо стакло и стакло од расветни тела.

Недоволно чистиот стаклен крш има ограничена примена. Стаклениот крш кој е нечист со поголема количина на наведените примеси може да се употреби за:

- припрема за основа на патишта
- припрема за асфалт
- производство на стаклени влакна за изолација
- пескарење со стакло и др.

#### **5.4.3 Помошни суровини**

Средства за обезбојување. При користење на природни суровини често се присутни најразлични примеси кои даваат обојување како резултат на присуство на метални оксиди во составот на суровината.

Средства за боење. Со додавање на разни оксиди, најчесто оксиди на тешките метали, во суровинската смеса пред топење се добива обоено стакло.

Средство за мат ефект. Заматувањето е последица на издвојување на кристалчиња (на прим. флуорид) кои предизвикуваат некој вид на „расстаклување“ при што стаклото станува матно.

## **6. УПРАВУВАЊЕ СО ЦВРСТ ОТПАД ВО РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА**

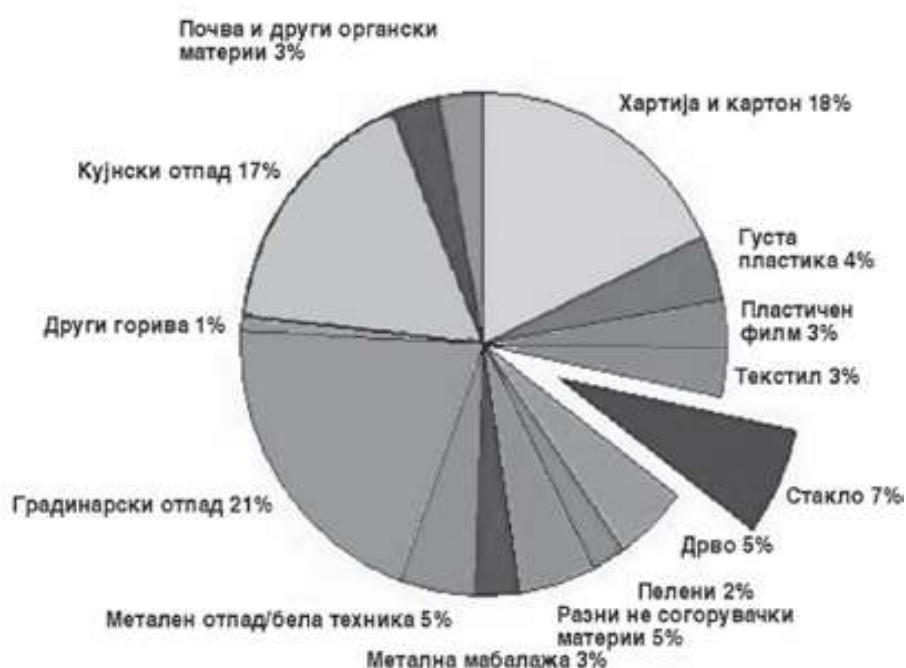
**Моменталната состојба за управување со цврст отпад во рамките на локалната самоуправа во Република Македонија се карактеризира со несигурни и нецелосни податоци за количините на генериран комунален отпад.**

Извор на податоците се комуналните претпријатија во Република Македонија. Податоците за количеството на собран комунален отпад се прибираат со годишниот извештај, а податоците за создаден комунален отпад се добиени со процена. Според податоците на Државниот завод за статистика, вкупното годишно количество на собран комунален отпад во РМ, во 2012 година, изнесува 555.760 тони , а количеството на создаден комунален отпад изнесува

786.909 тони. Врз основа на основните сознанија може да се усвои податок дека урбаното население генерира во просек апроксимативно околу 1 кг на комунален отпад по жител дневно, додека просечно руралното население генерира 0,7 kg отпад / жител / ден.<sup>5</sup>

Хетерогениот состав на цврстиот отпад влијае на начинот на преработка и повторна употреба и претставува збир од разновидни и сложени постапки.

Според морфолошкиот составот, во комуналниот цврст отпад статистички имаме застапена фракција од стаклен отпад околу 7% од вкупниот отпад во секое домаќинство (Parfitt, 2002) како што е прикажано на сликата 4.



Слика 4. Процентуална застапеност на стаклениот отпад (Parfitt, 2002)

Figure 4. Percentage of waste glass

Во Македонија, не постои систематски организирано одделно собирање, сортирање и рециклирање на отпад. Сегашниот степен на рециклирање на отпад е недоволен. Иако примарната рециклажа во Македонија е пропишана со закон и предвидува селекција на отпадна хартија, пластика, метал и стакло во

<sup>5</sup> СТАТИСТИКА НА ЖИВОТНА СРЕДИНА, Република Македонија, Државен завод за статистика, ул. „Даме Груев“ бр.4, Скопје



посебно означени контејнери, рециклажата во пракса не функционира спрема очекувањата. Собирањето е организирано главно во урбаните средини, додека во руралните области е далеку послабо организирано.

Собирањето, третманот и депонирањето на сите видови отпад, вклучувајќи го и стаклото, го извршуваат: јавните претпријатија, постапувачи со отпад и неформални собирачи на употребливата фракција на отпадот.

### **6.1 Политика за управување со отпадот**

Македонија минува низ период на интензивен развој на законодавството во доменот на управувањето со отпадот. Во моментот, основната национална законска регулатива за управување со отпад се состои од *Законот за управување со отпад, Законот за управување на пакување и отпад од пакување, Закон за управување со батерии и акумулатори и отпадни батерии и акумулатори и Закон за управување на електронска и електрична опрема и отпад од електронска и електрична опрема*.<sup>6</sup> Овие законски акти значително придонесуваат во процесот на воспоставување на современ и сеопфатен систем за управување со отпад, заснован на основните директиви на ЕУ за отпад.

*Законот за управување со отпад* како основен законски акт ги пропишува општите правила коишто се применуваат за следниве прашања: дефиниции и применливост за типови на отпад, изработка на стратегија, планови и програми на различни нивоа; постапки за управување со отпад и издавање на соодветни дозволи; депонии; инсинерација и коинсинерација на отпадот, увоз, извоз и транзит на отпад; мониторинг, известување, управување со податоци и надзор од надлежните органи.

*Законот за управување со пакување и отпад од пакување* ги уредува барањата за заштита на животната средина кои мора да ги исполнува пакувањето при неговото производство, пуштање на пазар и ставање во употреба и постапувањето со отпадот од пакување што ги опфаќа обврските и одговорностите на економските оператори и другите субјекти кои учествуваат

---

<sup>6</sup> Закон за управување со пакување и отпад од пакување („Службен весник на Република Македонија“ бр. 161/09, 17/11, 47/11, 136/11, 6/12 и 163/13), Закон за управување со електрична и електронска опрема и отпадна електрична и електронска опрема („Службен весник на РМ“ бр. 6/12 и 163/13)

во процесот на производство, пуштање на пазар и ставање во употреба на пакувањето, правилата за собирање, повторна употреба, преработка и отстранување, како и други услови за постапување со отпадот од пакувањето, известувањето и економските инструменти за постигнување на националните цели за собирање и преработка на отпад од пакување.

Стаклото како отпад е опфатено со Законот за управување со пакување и отпад од пакување, но само на амбалажното стакло кое најмногу се користи во прехранбената и хемиската индустрија.

Главните цели на *Законот за управување со електрична и електронска опрема и отпад од електрична и електронска опрема* се да ја заштити почвата, водата и воздухот од загадувањето предизвикано од сегашното управување отпадната електрична и електронска опрема (ОЕЕО), да се избегне настанувањето на отпадот, кој мора да биде отстранет и да се намали штетата по животната средина од ОЕЕО. Овој закон исто така, има за цел да ги сочува вредните ресурси, особено енергетските. Отпадното стакло се јавува и во овој тек на отпад (монитори, ТВ екрани, флуоресцентни светилки и др.)

Целите на сите овие закони се да се постигнат широк спектар на мерки, вклучувајќи и мерки за места за одделно собирање на отпадот, третманот на отпадот и негова преработка.

## **6.2 Статус на институциите и на надлежните органи**

Надлежен орган за подготвување и за донесување на сите правни инструменти и за примена на сите директиви релевантни за отпадот е Министерство за животна средина и просторно планирање (МЖСПП), како државен орган надлежен за прашањата од областа на животната средина. Надлежни органи за вршење инспекција и други надзорни задачи се генерално, Државниот инспекторат за животна средина (ДИЖС) и овластените инспектори за животна средина (на општинско ниво).

Согласно со внатрешната распределба на задачите и надлежностите во рамките на Министерството за животна средина и просторно планирање (МЖСПП) согласно со сегашната структура на МЖСПП; најзначајно место во доменот на управување со отпад е Секторот за управување со отпад, со широк

опсег на надлежности и активности: планирање, усвојување и спроведување на стандарди и режими при управувањето со различни текови на отпад, мониторинг, издавање дозволи за собирачи, превозници, извозници и оператори на отпад во капацитетите за управување со отпад.

### **6.3 Општо ниво на јавната свест**

Општото ниво на свест за животната средина во Македонија е ниско и информираноста за еколошките проблеми е недоволна. Всушност, луѓето не се свесни за проблемите со отпадот и за негативните ефекти врз нивното здравје и врз животната средина и природата.

Растечкото количество на отпад што се создава е во голема мера последица на однесувањето и на изборот на неинформираните потрошувачи. Постои и недостаток на разбирање за важноста за плаќањето за услугите за собирање и одлагање на отпадот.

Општата оценка е недоволен институционален капацитет за спроведување и за промовирање на јавната свест и едукацијата на јавноста.

Покрај ниската јавна свест и ниската свест кај другите создавачи на отпад, ставовите на јавноста може да се манифестираат преку силното спротивставување кон неопходните промени во постојната практика на управување со отпадот.

### **6.4 Економски прашања**

Изворите на средства за покривање на трошоците за финансирање на управувањето со отпадот се главно директните надоместоци за собирање, транспортот и за одлагање на отпадот. Инвестициите во инфраструктура за управување со отпадот, се финансираат од неповратна помош и од годишните буџети на државата и на општините.

*Општините* се одговорни за организирање на ефективен систем за управување со цврстиот отпад на нивните територии, освен за опасниот отпад.

*Јавните претпријатија* обезбедуваат комунални услуги (главно во градските подрачја). Финансирање на трошоците за управување со комуналниот цврст отпад (собирање, транспорт и одлагање на отпадот) се обезбедува преку

надоместоците од корисниците. За собирање и депонирање на комерцијалниот и на индустрискиот отпад, јавните претпријатија наплаќаат рамен надоместок, главно според повисоки тарифи отколку за комуналниот цврст отпад. Услугите на управување со цврстиот отпад, речиси во целост, се обезбедуваат од јавните комунални претпријатија.

Во сегашната фаза на институционален и економски развој во Македонија, практичниот делокруг за примена на финансиски/економски инструменти е ограничен. Формирање на *колективни постапувачи* согласно со Законот за управување со пакување и отпад од пакување предвидува всушност „одговорност на производителот“ т.е. еколошки надоместок што го плаќаат производителите кои пуштаат спакувана стока на пазарот на РМ. Наплатените надоместоци претставуваат основа за финансирање на приоритетните активности во областа на управувањето со отпадот од пакување.

Согласно со податоците од трудот „Воспоставување на систем за управување со отпад од пакување во Република Македонија“ од авторите Зоран Шапуриќ, Филип Ивановски, Ана Каранфилова Мазневска и Вулнет Зенки од вкупната количина 106.000 тони отпад од пакување кој се создава во текот на една година на отпадно стакло отпаѓаат 17.560 тони. Повеќе од важно е да се има во предвид фактот дека се собираат само околу 50% од отпадот од пакување од компаниите кои се опфатени со колективните постапувачи.<sup>7</sup>

### **6.5 Одржлив развој за управување со постојани текови на отпад**

Република Македонија, како земја кандидат за полноправно членство во Европската Унија, настојува да ги исполни критериумите за приближување кон Унијата. Во оваа смисла, меѓу другото, во октомври 2009 година, по тригодишни активности со поддршка на Шведската меѓународна агенција за развој (SIDA - Swedish International Development Agency) е донесена Националната стратегија за одржлив развој. Во Националната стратегија за одржлив развој се нагласува визијата на Република Македонија за наредните

---

<sup>7</sup> Zoran Sapuric, Filip Ivanovski, Ana Karanfilova-Maznevskaa, Vulnet Zenki „Establishment of Packaging Waste Management System in Macedonia“ in Journal of International Environmental Application & Science Year 2013, Volume VIII (Issue IV), p.p. 627- 633, IC™ Value: 6.59, indexed in Index Copernicus, USDA, United States Department of Agriculture – National Agriculture Library, EBSCO, Agriculture Economic Database, Environmental Expert, National Library of Australia and many other bases: ISSN: 1307-0428, ICID 915364.

дваесетина години, односно до 2030 г. Стратегијата предвидува долгорочни, среднорочни и краткорочни мерки заради достигнување на нејзините цели. Оваа Стратегија треба да обезбеди појасен правец за идниот развој на земјата<sup>8</sup>.

Социјалниот и економскиот развој на земјата може да предизвика зголемување на притисоците врз околината и се зголемува потребата за намалување на штетните еколошки активности. Секако овие штетни активности го вклучуваат и постапувањето со отпадот. Колку повеќе отпад се произведува, толку повеќе треба да се размислува за рециклирање и повторна употреба. Одржливиот развој поттикнува пред сè создавањето на помалку отпад, повторна употреба на потрошениот материјал и рециклирање и преработка на отпад што се генерира.

#### **6.6 Сегашна состојба со управувањето со стаклен отпад во РМ**

Немаме точни податоци за годишната потрошувачка на стакло во Р. Македонија. Потрошувачката на стакло значително се зголеми во текот на изминатата деценија и трендот продолжува да расте, особено за нетранспарентни шишиња во индустријата за производство на пијалаци како и потребите за прехранбена индустрија.

Во Македонија не постои производител на комерцијално стакло за садови па потребите на пазарот се задоволуваат од увозот и тоа најчесто од Хрватска, Бугарија и Италија. Производителите, дистрибутери и сопственици на брендови ги увезуваат потребните количества на стаклената амбалажа. Тоа се главно шишиња за вино, шишиња за безалкохолни пијалаци и пивски шишиња, како и тегли за прехранбена индустрија и др.

Во РМ согласно со Националниот план за управување со отпад (2008-2014) стаклото се јавува како фракција во отпадот застапена со околу 4% или околу 20 тона/год. Најголем дел од отпадното стакло се јавува како отпад од пакување и опфаќа околу 16-18% од вкупната количина на отпадот од пакување во РМ.

Активностите за искористување и рециклирање на стаклен отпад во Република Македонија се многу ограничени и во последни две години со почетен

---

<sup>8</sup> Зоран Шапуриќ, (2010). Животна средина и одржлив развој – Регулативи и политики, Универзитет Американ Колеџ Скопје, 64-66

организиран пристап за селективен пристап кон отпадот од стаклена амбалажа. Проблематиката со другите типови на стаклениот отпад добиени со рециклажа на ОЕЕО, медицински стаклен отпад, градежно стакло немаат ни почетни иницијативни за начини за нивно решавање и повторна употреба.

Согласно со националното законодавство во делот на управувањето со отпадот и особено со воспоставувањето на системот за колективно постапување со отпадот од пакување, како и системот за колективно постапување со отпад од електронска и електрична опрема (ОЕЕО), воспоставена е рамка за селектирано собирање на овој тип на отпад во РМ.

За разлика од амбалажното стакло, стаклото добиено од ОЕЕО и од градежништвото сè уште немаат организиран пристап.

Ова значи дека во Република Македонија отпадното стакло треба да се собира како одделна фракција од комуналниот отпад и од ОЕЕО и се наметнува потреба од решение за негово понатамошно постапување.

Поради непостоење на процесот за селекција и повторно искористување на стаклениот отпад во РМ тој најчесто претставува дел од комунален отпад или пак како дел од градежен отпад, кој се одлага во депониите.

Управувањето со амбалажен отпад е организирано со постоење на 4 колективни оператори во РМ. Од Пакомак<sup>9</sup> најавуваат дека во следните 4 години планираат просечен раст од 20% на стапката на собирање и рециклирање на отпадот од амбалажа, со крајна цел во 2020 дури 60% од амбалажниот отпад да завршува на рециклирање наместо на депониите во земјава, што е услов согласно Европската директива 2004/12/ЕЗ за отпад од пакувања. Покрај поставувањето на комунална инфраструктура за примарна селекција од страна на граѓаните, Пакомак врши и интензивни едукативни активности за бенефитите од селектирањето на амбалажниот отпад и негово рециклирање, како и активности за подигање на јавната свест за рециклирањето кај целата популација. За реализација на сите нивни планови, од Пакомак изјавуваат дека е неопходна поголема вклученост на локалните самоуправи во организирањето на примарното селектирање на амбалажниот отпад од граѓаните, но и од самите граѓани кои треба совесно да се однесуваат кон животната средина.

---

<sup>9</sup> <http://www.pakomak.com.mk>

Во 2013, повеќе од двојно ги зголеми количините на отпад од амбалажа која се рециклира, кои ги собира преку својот систем од партнерски компании, достигнувајќи над 9.300 тони собрана отпадна пластика, картонска, лименки и стаклена амбалажа во 2013 година.

За жал, во Македонија сè уште не е доволно развиена мрежата за собирање на отпадното стакло, иако поединечни компании како на пример „Скопска Пивара“ сама го организира собирањето од своите потрошувачи и стаклениот крш го извезува во соседните држави.

Успешен пример за систем за собирање на отпадно стакло претставува спроведувањето на акцијата за селективно собирање на стаклениот отпад од угостителството, кој го спроведува компанијата „Пакомак“ и скопските кафулиња и ресторани. Акцијата дава позитивни резултати и во првите 6 месеца од 2014 година собрано е повеќе од 15 тони отфрлена стаклена амбалажа.

За целите на овој труд, како за споредба, се дава и податок од едно истражување направено во мај 2005 година од страна на „Zero Waste New Zealand Trust“<sup>10</sup>. Во текот на изминатата деценија има незначителен пораст на квантитетот на рециклирано стакло во Нов Зеланд. Собирањето на стакло се зголеми од 30.000 т во 1994 година на 90.000 т во 2004. Повеќето поголеми градови и многу рурални заедници сега имаат некаква форма на услуги за рециклирање преку системи за собирање од назначени собирни места. Советот за пакување на Нов Зеланд проценил дека објектите за рециклирање сега се достапни на повеќе од 60% жители на Нов Зеланд и се проценува дека на национално ниво, 48% од стаклото за садови се преработува.

Во Германија пак, истата 2004 година, рециклирани се 2.116.000 тони од стакло. Од отпадното стакло повторно се изработува пакување за многу пијалаци, особено пиво и газирани води, како и безалкохолни пијалаци.

Многу честа појава во Велика Британија е поставување на контејнери за отпадно стакло во близина на трговски центри. Сега има повеќе од 50.000 вакви контејнери во Велика Британија и сега се рециклира 752.000 тони стакло на годишно ниво. Но, индустријата за рециклирање отпадно стакло во Велика Британија не може да го консумира целото отпадно стакло, главно поради

---

<sup>10</sup> Крис Томас Тимару, Zero Waste New Zealand Trust PO Box 33 1695 Takapuna Окленд, Нов Зеланд, 2005

нерамнотежа помеѓу она што се произведува и она што се консумира. Велика Британија увезува многу повеќе зелено стакло во форма на шишиња за вино отколку што може индустријата за рециклирање да користи, што доведува до вишок износ за рециклирање, па истиот се извезува во други земји.

## **7. РЕЦИКЛИРАЊЕ НА ОТПАДНО СТАКЛО И НАЧИН НА НЕГОВА ПОВТОРНА УПОТРЕБА**

Процесот на рециклирање стакло претставува процес на претворање на стаклениот крш во корисен производ.

Стаклениот крш е многу важна секундарна суровина. Во последниве години примената на кршот има сè поголема важност заради зголемените напори за заштита на околината.

Ако во процесот на производство се примени 100% стаклен крш, се смалува потрошувачката на енергија за 25%, а неизмерна е заштедата преку смалување на енергијата потребна за производство и припрема на основните суровини (сода, песок, доломит и калцит). Исто така, еден тон на рециклирано стакло заштедува 30 тони нафта, при тоа се намалува загадувањето на воздухот и се зголемува животниот век на депониите.

Како илустрација, за потребата од повторно искористување на отпадот од стакло е следниот пример: Со рециклирање на едно стаклено шише се заштедува енергија која е потребна:

- Една светилка од 100 W да работи 1 час
- Компјутер да работи во тек на 25 минути
- ТВ приемник да работи во тек на 20 минути
- Машина за перење на алишта да работи во тек од 10 минути

Важно е да се истакне дека зголемената примена на стаклениот крш нема неповолно делување на квалитетот на стаклото ниту на конечниот производ, во колку го задоволува бараниот квалитет. Основен закон за примена на рециклираниот стаклен крш е квалитетот. Уделот на кршот во суровинската смеса може да биде во различни масени проценти, што зависи од бараната технологија на производство. Најголем проблем при употребата на отпадното



стакло може да биде онечистувањето (примеси). Најчести примеси кои се појавуваат во стаклениот крш се:

- метални и жичени делови на затвораи од шишиња
- оловни одливи на вински и шампањски шишиња
- метални затвораи и прстени на грлото од шишињата
- чаши и амбалажа за опасни течности и
- голема влага.

Употреба на стаклото како секундарна сировина добиена со рециклирање на стаклениот отпад во многу земји има долга традиција, а светските искуства покажуваат дека овој тип отпад претставува вредна сировина.

Можеме да кажеме дека користењето рециклирано стакло за производство на нови стаклени садови придонесува за заштедување енергија, помага во процесот на производство на керамика, овозможува заштеда на сировини и го намалува количеството на отпад.

Освен како секундарна сировина во производство на нова стаклена амбалажа, за целта на овој труд се направи истражување на други постоечки светски практики за употребата на отпадното стакло и тие се дадени во следните поглавја:

### **7.1 Спецификации за „стаклен агрегат“**

Стаклото е релативно нов градежен агрегатен материјал. Терминот „стаклен агрегат“ вклучува до 100% стаклен крш, или мешавина од стаклен крш и природен агрегат или мешавини стакло-почва.

Во принцип, стаклениот агрегат е издржлив, силен, лесно се поставува и лесно се набива, што го прави погоден за широк спектар на градежни апликации.

Тестирањето и испитувањата во САД и Велика Британија покажаа дека дробеното рециклирано стакло може успешно да се користи во различни агрегатни апликации. Агрегатот од дробено стакло претставува замена за природни агрегати.

Стаклениот крш може да се користи во различни апликации, вклучувајќи општо затрупување, за патишта, затрупување при вршење комунални дејности, медиуми за одводи и разни други употреби.

За секоја апликација, материјалот треба да се специфицира врз основа на содржината на стаклениот крш, гранулацијата, нивото на шут и нивото на набивање. Критериумите за изготвување на спецификации за секој агрегат се потпираат на комбинација на технички податоци и практични искуство во текот на времето.

Постои отсуство на договорени стандарди во поглед на нивото на содржина на стаклен крш за специфицирани апликации. Стандардите се изготвуваат врз основа на тестирање и теренските испитувања, но генерално стандардите сеуште не се применуваат во повеќето држави.

Генерално, потребно е градирање од минус 20mm за да се елиминираат главните ризици за безбедност од остри рабови. Повеќето апликации за агрегати можат да толерираат поголеми нивоа на загаденост од керамиката, огноотпорното стакло, сијалиците и слично, без да се влијае на квалитетот.

Како една од пречките за користењето на стаклениот агрегат е лесна достапност на природните агрегати (песок и чакал) по релативно ниска цена. Во повеќето случаи малку е веројатно дека рециклираното стакло може да се собира, преработува и предава на градилиште и да биде конкурентно со цената на природните агрегати. Трошоците за дробење, скрининг и мешање на стакло за апликации за агрегати се разликуваат, со стапки што се движат во опсег од \$10-15 по тон до \$100 по тон.

Ако се земат предвид заштедите на трошоците (т.е. депониските такси) и другите придобивки од пренасочувањето на отпадот, тогаш стаклото и други преработени агрегати можат да се натпреваруваат со природните агрегати.

Во многу градежни проекти во САД се користат проекти кои вклучуваат до 100% стаклен крш. За флукуирачки товари и услови на тешко, стационарно товарење, упатствата на најдобрите практики препорачуваат максимална содржина на стаклен крш од 15% за полнење и затрупување со задоволителни резултати.

За апликации за дренажа како на пример затрупување за потпорни сидови и канализација, пропустливоста од минус 7mm материјал од стаклен крш е приближно иста како онаа на природниот песок, а пропустливоста од минус 20mm материјал од стаклен крш е приближно иста како онаа на природниот чакал. На тој начин, материјалот за пополнување направен од 100% стаклен крш може да се користи за изградба на системи за одводнување.

Апликациите за патишта/автопати вклучуваат употреба на агрегат од стаклен крш во подлогата, носечкиот долен слој, трупот на патот и насипите. Стаклениот крш може да се додаде на природен агрегат, а мешаниот материјал ќе има соодветна цврстина и отпорност на абразија и товари од сообраќај. Врз основа на податоците од тестирањата од САД и Велика Британија, препорачлива е максимална содржина на стаклен крш од 15% за агрегат за слој на подлога и повисока содржина на стаклен крш, до 30%, се препорачува за агрегат за носечкиот долен слој и за изградба на патните насипи. Големината на парченцата треба да биде помала од 20 мм.

Стаклото може да се користи да замени некои од агрегатите кои се користат во производството на бетон. Бетонот што содржи стаклен крш како агрегат понекогаш се нарекува „стаклен бетон“ (glasscrete).

Ситно дробеното стакло (< 5mm) може да се користи како замена за песок за подлога (или прав од дробилка), за апликации како што се бекатон и цевки.

Ова технолошко резиме содржи спецификации на Министерството за транспорт на државата Вашингтон Австралија<sup>11</sup> за рециклирано стакло во апликации за неврзани градежни агрегати. Употребата на дробено стакло во овие апликации претставува голем чекор напред во прифаќањето на рециклираните материјали во градежништвото. Спецификациите се преседан во однос на бројот на дозволени апликации и на високиот процент на стакло што е допуштен во состав на агрегатот. Со овие спецификации, производителите на агрегати ќе можат да имаат корист од предностите на цената и карактеристиките на користење на стаклото како градежен агрегат. Подолу се дискутираат практичните аспекти на снабдувањето со стаклен агрегат.

---

<sup>11</sup> <http://www.transport.wa.gov.au>

*Аспекти на производителите на агрегати.* Согласно со австралиското законодавство им се дозволува на производителите на агрегати да вмешаат до 15% стакло со агрегат или рециклирани агрегатни производи во повеќето неврзани (некомпозитни) апликации. Вмешаниот производ мора да ги исполнува барањата за гранулација за одредена апликација. Регулативата дозволува 100% стаклен агрегат во шест апликации. Дозволувањето на 100% значи дека не е потребно мешање пред инсталацијата, со што се елиминираат трошоците за дополнителен чекор во подготовката на производот. Кварталното тестирање на гранулацијата наведено во спецификациите ги уверува купувачите дека производителите ги исполнуваат стандардите. Еден тест за гранулација во сертифицирана лабораторија чини околу 60 долари.

Иако можат да се користат мелници за агрегати за да се произведе еден производ што ги задоволува спецификациите за гранулација, големата абразивност на стаклото може да бара специјализиран систем за дробење стакло.

Регулативата го препорачува визуелниот метод за класификација на Американскиот геолошки институт (АГИ)<sup>12</sup> кој нуди стандард што може да се потврди на терен за оценување на нивоата на загаденост. Во пракса, квалификувањето според овој стандард за загадување може да бара производителот да ги просее загадувачите по дробењето, особено ако изворот на стакло е нуспроизвод од мешани бои од сортирањето на боја извршено во производство на шишиња. Типичните загадувачи на стакло (алуминиумски капачиња, хартиени етикети, итн.) не се дробат толку ефикасно колку стаклото и лесно се откриваат и отстрануваат. Не е прифатливо никакво ниво на опасни материји. Еколошките тестирања утврдија дека единствениот материјал во програмите за рециклирање на стакло кој е потенцијално загрижувачки за животната средина е оловната фолија, која понекогаш се користи за пакување на шишиња вино. Спецификациите бараат квартално да се тестираат пет случајни примероци за присуството на вкупно олово. Тестовите за вкупно олово чинат помалку од 25 долари од тест.

---

<sup>12</sup> <http://www.agiweb.org/>

Согласно со оваа регулатива рекултивираното стакло (мешан отпаден стаклен крш) адитив за агрегати може да се помеша со следниве:

Баласт

Банкина на баласт

Дробен слој за подлога под површината

Агрегат за подлога од чакал

Чакал за затрупување со материјали од ископ за темели

Чакал за затрупување со материјали од ископ за сидови

Чакал за затрупување со материјали од ископ за подлоги за цевки

Чакал за затрупување со материјали од ископ за дренажи

Затрупување со материјали од ископ за песочни дренажи

Покривка за песочни дренажи

Позајмиште

Материјал за подлога за цврсти цевки

Материјал за подлога за еластични цевки

Материјал за темели

Неградиран чакал за затрупување на ровови

Агрегатите што содржат рекултивирано стакло треба да бидат во согласност со барањата на овие регулативи за секоја ставка наведена погоре. Ниеден агрегат не смее да содржи повеќе од 15% стакло. Од материјалот задржан на едно сито од 2.5/10 cm или поголемо не смее да содржи стакло повеќе од 10%, врз основа на визуелна проверка и тежина.

Рециклиран стаклен агрегат е агрегат составен исклучиво од стакло и може да се користи како чакал за затрупување за сидови, подлоги за цевки и песочни дренажи; покривки за песочни дренажи, позајмишта; и материјал за подлоги за

еластични цевки. Сто проценти од стаклото треба да поминува низ 7.5/10 cm квадратно сито и не смее повеќе од 5% тежински да поминува низ сито бр. 200. Максималното ниво на отпадни остатоци треба да биде 10%. Отпадните остатоци се дефинираат како секој штетен материјал што влијае на карактеристиките на градежното полнење и ги вклучува сите нестаклени состојки на стаклената суровина. Процентот на отпадни остатоци во стаклениот крш треба да се мери со помош на следниов визуелен метод: се става околу 200 грама преработен стаклен крш во рамна тава или чинија.

Ова технолошко резиме го изготви CWC, управен партнер на Recycling Technology Assistance Partnership (ReTAP). ReTAP е член на Manufacturing Extension Partnership (MEP), програма на Националниот институт за стандарди и технологија на Министерството за трговија на САД. ReTAP е исто така финансиран од Американската агенцијата за заштита на животната средина и Американскиот совет за пластика.

Сметам дека за овој труд е важно да се спомене ова можно решение за користење на стаклениот отпад.

## **7.2 Користење на стакло како абразив за пескарење**

Преработеното рециклирано стакло се продава како абразивен медиум за пескарење под неколку трговски имиња. Сепак, достапни се малку јавни информации во врска со карактеристиките на ситно издробеното стакло во абразивни апликации затоа што производителите имаат изготвено свои сопственички податоци. Историски гледано, материјалот кој претежно се користеше за абразивно пескарење беше силика песокот, па оттука доаѓа и вообичаениот назив „пескарење“. Понекогаш за оценувањето на абразивите за пескарење значајно е влијанието врз здравјето. На пример, заради тоа што присуството на кристален силициум диоксид ја предизвикува болеста силикоза, денес многу малку силика песок се користи во абразивното пескарење. И покрај тоа што силика песокот е суровина што се користи во производството на стакло процесот на производство ја претвора кристалната структура во аморфна состојба. Тестовите покажале дека рециклираното стакло за садови содржи помалку од 1% кристална силика и помал е ризикот за здравјето што претставува потенцијална конкурентна предност на пазарот за рециклирано

стакло, кое може да се преработи за да добие физички карактеристики слични на силика песокот за употреба како абразив. Стаклените зрна особено се користат во апликации каде е важна внимателна завршна обработка на површината. Ситно издробеното стакло е истата суровина, но има аголна зрнеста форма, што значи дека не врши толку добра завршна површинска обработка, но побрзо ги отстранува бојата и лушпите. Рециклираното стакло успешно ги заменува силиката и други медиуми за пескарење во тестирањата на бродоградилишта спроведени од страна на Glass Recycling Inc. од Marietta, GA, и во други градежни проекти и во чистење на машини<sup>13</sup>. Стаклото мора да се натпреварува со вообичаените алтернативи на абразиви, како и со специфични материјали како што се пластични пелети кои се користат на чувствителни површини. Општо земено, погруби абразиви за пескарење се користат кога е потребно отстранување од тешко наталожени површини, додека пофините големини се користат повеќе за апликации за индустриско чистење.

Заради строгите услови за гранулација, како и потребата за чисти, суви производи без прав, повеќето капацитети за преработка на стакло не можат да генерираат абразив за пескарење од дробено стакло. Рециклираното стакло може да се користи во истата опрема за пескарење која се користи за која било вообичаена згура, при што се задоволуваат условите за притисокот на пескарењето, отворот за полнење и големината на млазницата. Иако не се смета опасен, стаклениот прав е непријатен абразивен прав и треба да се обрне полно внимание на минимизирањето на генерирањето прав при пескарењето.

Тестовите покажаа дека различните големини на медиумите од рециклирано стакло (сито 12 и помало) се доста ефикасни при подготовка на челик до состојба на „бел метал“. Стаклото може да се користи како медиум за суво пескарење или во комбинација со вода за употреба при мокро пескарење. Иако со некои видови опрема можат да се преработат искористените медиуми, тестовите спроведени од страна KTA Tator, Inc.<sup>14</sup> укажаа на стапки на

---

<sup>13</sup> Product literature and telecon, Sept. 1996, Wayne McDonald, Glass Recycling Inc., Marietta, Georgia

<sup>14</sup> IMTEK, Inc., Blast Cleaning Abrasive Evaluation Program, prepared by KTA Tator, Inc., 1995. John Hill, Hill Abrasives, Ontario, New York, 315/946-5100

распаѓање на медиумите во текот на употребата на ниво кое не е погодно за повеќе од една употреба. Резултатите за ефикасноста на постпотрошувачкото стакло и постиндустриското стакло како абразив за пескарее во истата студија се илустрирани во табелата подолу. Резултатите покажуваат дека кршеното стакло има подобри карактеристики во споредба со 16x35 силика песокот. Тестирањето покажа дека стапката на потрошувачката на постпотрошувачки производи е пониска од стапката со силика песок, додека тестирањето на постиндустриски производи и референциран силика песок покажа слични резултати во стапката на потрошувачка по квадратна стапка (foot) на пескарена површина.

### **7.3 Набивање и пополнување со стакло**

Согласно со истражувањата од проект реализиран во Вашингтон во 1994 година<sup>15</sup> постапките за ракување и набивање на материјали обично претставуваат поголем трошок при операции на пополнување во градежништвото отколку самиот материјал за пополнување. Инженерите, органите кои издаваат дозволи и изведувачите мора да бидат запознаени со правилните карактеристики на методите за постапување и набивање на материјалот за пополнување, за да може да се напишат практичните спецификации, да може да се издаваат дозволи, да може да се проценуваат трошоците и да може да се изврши операцијата на пополнување. Бидејќи рециклираното стакло е релативно нов материјал за пополнување за апликации во градежништвото, особено е важно да се разберат карактеристиките на постапувањето со истото.

Една типична операција на пополнување започнува со подготовка на постелката на која ќе се постави и набие пополнувањето. Постелката мора да биде цврста и сува, така што ризикот од слегнување на постелката ќе биде минимален и пополнувањето може да ја апсорбира енергијата на набивањето. Стакленото пополнување може да се состои од 100% стаклен крш, или од мешавина стаклен крш - почва или стаклен крш - чакал смеса. За 100% стаклен крш, очигледната кохезија, која се јавува како резултат на површинскиот напон на влагата, е слаба. Ова значи дека материјалот тече релативно слободно.

---

<sup>15</sup> Glass Feedstock Evaluation Project: Engineering suitability Evaluation. Report GL-93-5. ReTAP, Clean Washington Center. Community Trade and Economic Development, State of Washington., 1994



Затоа е увидено дека користењето на инки за насочување на текот на стаклениот крш е ефикасно и успешно.

Фрлениот или транспортираниот материјал треба да се израмни во хоризонтален лифт со дебелина од 10 до 30 cm. Општо земено, дебелината на лифтот треба да биде 10-15 cm за мануелно управувана опрема, односно 20-30 cm за опрема за автоматско набивање. Израмнувањето може да се постигне со помош на булдожер на отворени површини и лопати и гребла во ограничени простори. За 100% пополнување со стаклен крш, материјалот може да се преместува релативно лесно со користење на рачни алатки, поради мазната површина на честичките и недостатокот на очигледна кохезија.

Вибрационите компактори се ефикасни за стаклен крш или мешавини на стаклен крш. На отворени површини, може да се користат вибрациони компактори со валјаци тешки од 2 до 10 тони. Во ограничени простори, поефикасни се багерите на тркала или багерите на гасеници со намонтирани вибро-жаби.

Силата на цепење на пополнувањето со стаклен крш е пропорционална на притисокот на задржување. На горните 1-2 стапки од пополнувањето каде што притисокот на задржување е слаб, материјалот може да биде набразден од гумите на градежната механизација, поради слабата сила на цепење. Може да се чини дека ова набраздување укажува на нестабилен материјал, но не треба да биде знак за аларм. Површината на пополнувањето со стаклен крш секогаш треба да биде покриена со асфалт, бетон, природна почва или природен агрегат. Покривката ќе го спречи директниот контакт на кожата со стаклото и ќе обезбеди стабилност на површината. Дебелината и видот на покривката зависи од предвидените услови за оптоварување во областа за пополнување. Најдено е дека за области каде нема оптоварување, соодветен е три-инчен слој од кршен камен за да се обезбеди стабилност за движење на луѓето. Недостатокот на ограничување близу до површината и слабата очигледна кохезија на стаклото исто така значи дека парчињата стакло може да летнат во текот на постапувањето и набивањето на материјалот. Затоа, луѓето кои работат со овој материјал треба да ги следат вообичаените безбедносни

правила и мерки на претпазливост. Во нормални услови, овие правила опфаќаат носење на кошули со долги ракави, ракавици и заштита за очите.

Набивањето на пополнувањето со стаклен крш е релативно нечувствително на содржината на влага. Сепак, ако материјалот содржи повеќе од десет проценти фини честички (честички помали од сито бр. 200), задржаната влага може да го спречи ефикасното набивање. Ако постои значително количество на ситнеж во стаклото добро е складиштето да се покрива со дебела пластична фолија за време на влажни временски услови. Во суви временски услови, стаклото може да се полие со вода заради контрола на прашината. Обично не е потребно да се влажни материјалот за да се помогне во набивањето.

Квалитетот на набивањето може да се тестира со теренски тестови за густина со помош на нуклеарен дензиметар. Честотата на тестирањата е различна за различни апликации, но обично вклучува еден тест на 2500 квадратни стапки на пополнување, но не помалку од еден тест на лифт. Материјалот е порозен, затоа теренските тестови за густина кои користат повратни сигнали ќе покажат вредности пониски од вистинските и треба да се избегнуваат кога е можно. Подобри се тестовите со директен пренос со сонда во изворот што се протега низ целата длабочина на лифтот. За комплетна дискусија за употребата на нуклеарни дензиметри стаклен агрегат, види: Најдобра практика на тестирање на густина на стаклен агрегат со помош на нуклеарен дензиметар.

Постапките за ракување и набивање за пополнувањето со стаклен крш се слични на оние за пополнување со почва, чакал и камен. Дисеминацијата на информациите за најдобрите практики кои се презентирани овде ќе им помогне на инженерите, изведувачите и органите кои издаваат дозволи да разберат дека: (1) пополнувањето со стаклен крш успешно се користи на градилиштата, (2) пополнувањето со стаклен крш е остварлива замена за природни материјали и (3) не се потребни специјални машини или подготовка.

#### **7.4 Тестирање на употребата на стаклото како медиум за хидропонски метод на одгледување на растенија**

Ова технолошко резиме ги опишува резултатите од една студија за употребата на дробено рециклирано стакло како медиум за хидропонско одгледување на

растенија изработено од страна на Clean Washington Center и Recycling Technology Assistance Partnership (ReTAP) од САД<sup>16</sup>. Извршени се тестови за да се споредат карактеристиките на дробено рециклирано стакло и експандиран глинен агрегат во однос на растењето на растенијата. За да се тестираат хипотезите дека стаклото може да послужи како прифатлив медиум за одгледување, се одгледуваа 20 корени босилек во дробено стакло за садови и 20 парчиња во експандирана глина во период од 72 дена. (Експандираната глина се користи често како медиум за хидропонско одгледување). Стаклото што беше употребено во експериментот беше издробено, рециклирано стакло од шишиња со различни бои. Големината на стаклените парчиња беше помеѓу 2,36 mm и 4,74 mm.

За да се следи експериментот, еднаш неделно се мереа спроводливоста, pH вредноста и температурата на хранливиот раствор. Спроводливоста беше мерена за да се споредат стапките со кои секој медиум за одгледување ги користи хранливите материи, а pH вредноста беше мерена за да следи киселоста и да се спореди апсорпцијата на хранливите материи.

Секој ден беа снимени визуелните описи на порастот на растенијата. Секој систем беше фотографиран еднаш неделно за да се документираат условите.

При бербата, на растенијата им се отсекуваа корените, а потоа се сушеа за да се елиминираат минливите разлики во содржината на влага. Беа запишувани тежините на исушените растенија.

Резултатите покажаа дека средната сува тежина на растенијата одгледувани во стакло беше 21,5 грама, со стандардна девијација од 5,1 грама. Средната сува тежина на растенијата одгледувани во глина беше 21,9 грама, со стандардна девијација од 6,8 грама. Немаше значајна разлика ( $p = 0,05$ ) во сувата тежина меѓу растенија одгледувани во стакло и растенијата одгледувани во глинен агрегат.

Фотографиите покажуваат дека босилекот одгледан во глина беше значително поголем во периодот меѓу четвртата и осмата недела. Во текот на петтата

---

<sup>16</sup> Тестирање на употребата на стакло како медиум за хидропонско одгледување (бр. GL-96-2), CWC Publication Order Form, 1996, [www.cwc.org](http://www.cwc.org)

недела, на резервоарите со хранлив раствор им беа додадени аератори и беше поставена сјајна хартија на основата на растенијата. До деветтата недела се „фатија“ растенијата одгледувани во стакло.

Иако се чинеше дека не постои значајна разлика во pH вредноста помеѓу глинените и стаклените резервоари со раствор, спроводливоста беше малку пониска во стаклениот резервоар во периодот меѓу четвртата и осмата недела. Ова соодветствува со разликите во порастот во текот на тие недели. Бидејќи босилекот одгледуван во глина растеше побрзо помеѓу четвртата и осмата недела, тој исто така користеше повеќе хранливи материи, намалувајќи ја спроводливоста на неговиот раствор.

Резултатите од конечниот пораст на растенијата се малку изненадувачки со оглед на забележливата разлика во растењето на растенијата во периодот меѓу четвртата и осмата недела. Иако експериментот покажува дека стаклото може да послужи како медиум за хидропонско одгледување, неговата употреба како такво најверојатно нема да создаде голем пазар за дробен стаклен крш од мешани бои. Но сепак може да се најде нишка на пазарот меѓу еколошки настроените љубители на хидропониката. Резултатите од експериментот, исто така, укажуваат на тоа дека дробеното стакло нема да влијае негативно на растењето на растенијата, кога се користи во градинарството и уредувањето на пејзажот, како што се украсни камчиња за луковичести растенија во домот, или чакал за градинарски патеки.

### **7.5 Епоксидни апликации за рециклирано стакло**

Епоксидните врзивни средства се користат во безброј апликации за производство на композитни материјали. Некои од овие апликации можат да користат рециклирано стакло како агрегат. Физичките својства што се потребни за апликацијата ќе одредат дали стаклото е соодветен агрегат. „Епоксид“ е термин кој се однесува на семејство на смоли, обично терморегулациски, способни за формирање на густо вкрстено-поврзани полимерни структури со карактеристична цврстина, силна адхезија и голема корозија и хемиска отпорност. Епоксидите се генерално дводелни системи кои се состојат од смола и зацврстувач или активатор, кои се комбинираат во одредени пропорции за да иницираат стврдување. Епоксидите понекогаш се користат во

апликации како што се индустриски алатки. Но, епоксидите се користат и како врзивни средства за правење композитни материјали. Во повеќето од овие случаи, епоксидите се комбинираат со инертни агрегати за да се постигнат специфични својства.

Кога епоксидите се комбинираат со агрегати, целта на агрегатите може да е да се намалат трошоците за композитот со додавање на волумен на епоксидот, промена на површинската текстура, зголемување на трајноста на површината со додавање на поцврст агрегат, или подобрување на естетиката на површината со додавање на обоен агрегат на безбоен епоксид.

Кога епоксидите се користат за правење калапи, епоксидот може да биде најскапата компонента во смесата за калапот. Може да се додадат други инертни материјали за да се намали за трошокот за калапот. Во исто време, додавањето на соодветни лесни инертни агрегати исто така може да ја олесни тежината на калапот. Во некои случаи, може да се додадат погусте материјали за да се зголеми густината на калапот.

Абразивните подови се пример за модификација на површинска текстура со агрегати. Подовите со коефициент на триење сè повеќе се користат во индустриски средини каде маслата или мастите на подот може да предизвикаат лизгање. Цврстите агрегати може да се комбинираат со епоксидни врзивни средства пред нанесување на постоечкиот под, или можат да се распространат на површината откако ќе се нанесе епоксидот, но пред тоа тој треба да се стврдне.

Некои абразивни алатки се прават со комбинирање на цврсти агрегати со епоксидни врзивни средства. Агрегатот е поцврст, поостар и побавно се изабува од епоксидот. Епоксидот ги држи агрегатите заедно, додека агрегатите ја абрадираат целната површина. Врзивните средства и епоксидите се изабуваат заедно, постојано изложувајќи нова абразивна површина.

Многу композитни плочи за кујнски елементи се направени со епоксиди и агрегати. Епоксидот е безбоен. Агрегатот додава боја и ги подобрува својствата на површината, како што се отпорност на сечење со нож.

Во сите апликации што се опишани погоре важни карактеристики на агрегатот се дека тој ги поседува точните физички својства за таа апликација и дека епоксидните врзивни средства соодветно се прилепуваат на површината на агрегатот. Во голем број на апликации со епоксид/агрегат е испробано дробено, градирано рециклирано стакло. Поставувани се подови со коефициент на триење што користат стакло наместо стандардниот песок за подови. Се прават плочи за кујнски елементи во кои има дробено стакло наместо обоени камења. Кај плочите за кујнски елементи најдено е дека, додека стаклото додава естетска привлечност, обликувањето на плочата од стакло/епоксид ги изабува алатките побрзо отколку обликувањето на плочата од камен агрегат/епоксид.

Искуството до денес покажува дека испробаните епоксиди се прилепуваат правилно на стаклените површини. Бидејќи изгледа дека епоксидите се прилепуваат адекватно на стаклените површини, функционалноста на стаклото како агрегат во овие апликации ќе зависи во голема мера од саканите специфични физички својства и од цената на стаклото. Во повеќето случаи, ќе биде потребно стаклото да се обработи до добивање на квалитет како индустриските минерали при соодветната градација за да може истото да биде прифатливо.

Преработувачите на стакло кои бараат пазар за дробено, градирано стакло можеби ќе сакаат да се поврзат со компаниите кои произведуваат епоксидни композити. Физичките карактеристики на стаклото, можностите на преработувачот и цената ќе го одредат потенцијалот на пазарот. Стаклото е инертен, цврст, стерилен материјал кој, кога правилно ќе се преработи, може да најде пазари како агрегат во епоксидни композитни материјали.<sup>17</sup>

## **7.6 Подготовка и поставување на гласфалт**

Гласфалтот се користи од почетокот на 1970-тите години, како алтернатива за конвенционалната битуменска топла мешавина за асфалтирање. Со цел да се исполнат стандардите за асфалтирање, гласфалтот мора да се меша и да се става правилно, а ова бара некои модификации на општо прифатените процедури за асфалтирање. Гласфалтот е во основа ист како конвенционалната топла асфалтна мешавина, освен што извесен процент на

---

<sup>17</sup> CWC Publication Order Form, 1996, [www.cwc.org](http://www.cwc.org)

природниот агрегат се заменува со дробено стакло. Стаклото мора да биде соодветно исчистено и издробено, и во комбинација со природниот агрегат, да ги задржи агенсите и битуменот во нивните определени пропорции. Гласфалтот потоа се нанесува и се набива. Оваа најдобра практика накратко ги опишува протоколите за подготовка и поставување на условите што треба да ги исполнува гласфалтот за средно густ сообраќај.

Стаклото треба да содржи метал, пластика или други мешани остатоци како што се хартија и остатоци од храна помалку од 2% тежински. Прифатливите грануляции на стакло во асфалтот ќе бидат утврдени според намената на стаклениот агрегат во мешавината. За површинскиот слој се препорачува стаклен агрегат гранулиран до 7.5/10 cm и поситен. Парченцата што се поголеми од 7.5/10 cm имаат тенденција да се подредат паралелно со површината на патот за време на нанесувањето и можат да го намалат отпорот на лизгање. Поголемите честички, исто така, полесно се одделуваат од површината. Ако гласфалтот е наменет за слојот на подлогата, можат да се користат честички со големина до 7.5/10 cm. Стаклото со поголеми димензии од 7.5/10 cm може да содржи цели грла од шишиња, коешто може да претставува безбедносен ризик. Поголемите парчиња стакло исто така потешко се проверуваат дали содржат загадувачи.

Откако ќе се намали до саканата големина, стаклениот агрегат се меша со природниот агрегат за да се добие еднородна мешавина на стакло / природен агрегат пред да се измеша со другите компоненти на асфалтот. Се препорачуваат мешавини што содржат 20% или помалку стакло. Овие својства вклучуваат стабилност, проток, процент на воздушни празнини, и процент на празнини во минералниот агрегат.

Сите видови на асфалтирање се соочуваат со можноста дека сврзаноста на асфалтот со агрегатот ќе се влоши под неповолни услови, особено при изложеност на вода. Ослабувањето на врската ќе предизвика агрегатот да се „свлече“ од асфалтот, зголемувајќи го потенцијалот за предвремено оштетување. Мазните површини на стаклото предизвикуваат поголема можност за соголдување од природниот агрегат. Ова е особено точно кога стаклените парчиња се поголеми од 7.5/10 cm. Искуството покажува дека

соголувањето може да не претставува проблем кога парчињата се помали од 7.5/10 см, или кога содржината на стакло е помала од 10% тежински. Сепак, во секој случај треба да се користи агенс против соголување, особено во гласфалтот за површинскиот слој. Хидрираната вар и калциум хидроксидот се успешни агенси против соголување кога на мешавината ќе се додаде 1% тежински. При користење на одредени брендови треба да се постапува според инструкциите на производителите.

Агрегатот, стаклото и агенсот против соголување треба да се измешаат така што стаклото и агенсот против соголување да бидат рамномерно распределени. Оваа мешавина потоа се комбинира со песок и асфалт на ист начин како и кај вообичаената топла асфалтна мешавина.

Гласфалтот може да се инсталира со користење на истата опрема и постапки како и конвенционалниот асфалт. Бидејќи стаклото ја задржува топлината подолго од природниот агрегат, гласфалтот се лади побавно отколку конвенционалниот асфалт. Како резултат на тоа, на гласфалтот треба да му се овозможи да се лади подолго пред да се почне со набивањето. Се препорачува 24-часовен период на чекање пред да се дозволи сообраќај на новиот гласфалт.

Под соодветни економски околности и со соодветна техничка експертиза, може да се градат патишта според спецификации, особено оние кои се дизајнирани за сообраќај со средна густина, со користење стакло како дел од ситниот или грубиот агрегат во асфалтот. Економските аспекти на гласфалтот се локално прашање и генерално зависат од признавањето на вредноста на пренасочувањето на отпадот. Оваа практика може да најде места за примена кај снабдувачи на стакло, постројки за асфалт, објекти за асфалтирање како и лаборатории за тестирање.<sup>18</sup>

---

<sup>18</sup> Day, D.E., and Schaffer, R., Glassphalt Paving Handbook, University of Missouri-Rolla, Jefferson City, MO The Asphalt Handbook, 1989, Asphalt Institute Manual Series No. 4.1996



## **7.7 Апликации за уредување на терени со рециклирано стакло - декорација**

Дробеното, градирано рециклирано стакло може да биде атрактивна покривка на земјата или околу растенијата. Пред да се дизајнира стаклото во каков било проект за уредување на терен, дизајнерот треба да има темелно разбирање за тоа како да се специфицира стаклото. Дизајнерот што планира да употреби дробено стакло за уредување на терени треба да ги разгледа сите прашања околу гранулација, прав, форма, чистота, загадување, боја, компатибилност со животната средина и цена.

*Гранулација:* Обично дизајнерот нема да сака стаклото да изгледа како скршени шишиња. Поради плочестата природа на стаклото, ако стаклото во максималната димензија е многу поголемо од дебелината на еден сад или прозорец, многу од парчињата ќе личат како скршени шишиња. На пример, садовите и прозорците обично се 2.5/10 см или помали во дебелина. Парчињата поголеми од 2.5/10 см ќе имаат двојно поголема рамна димензија од дебелината. Исто така, некои парчиња ќе ја покажуваат формата на садот. Покрај тоа, поголемите парчиња нема да се обработуваат со типот на машина за абразивна обработка опишан подолу и е поверојатно дека ќе имаат остри рабови. Општо земено, за проектите за уредување на терени треба да се користи 7.5/20 см и пофино стакло.

*Прав:* Дизајнерот треба да ја избере најфината посакувана големина во проектот за уредување на терен. Стаклените парчиња помали од сито 100 може да се претворат во прав што лета во воздухот, кои ќе го забават одводот на вода низ стаклото, и ќе истечат на дното од стаклениот слој. Дизајнерот треба да провери дали инсталацијата е на локација каде што ветрот може да го разнесе стаклениот прав на јавна површина. Иако е докажано дека стаклениот прав во воздухот не е поопасен од песокот што го разнесува воздухот (види: Најдобра практика на анализа на стаклен прав), сфаќањата на јавноста во поглед на стаклениот прав може да бидат нешто со кое управителите на објектот нема да сакаат да се справуваат. Парчињата стакло пофини од сито 20 исто така ќе ја направат стаклената површина помалку сјајна, ако се посакува светкав изглед. Еден систем за обработка на стакло со соодветна

контрола на правот може да ги отстрани честичките стакло без дополнителен скрининг.

*Форма:* Сите машини за преработка на стакло не произведуваат иста форма на производ. Во принцип дробилки со еден удар, каде што стаклото се распарчува со еден удар на чекан, имаат тенденција да произведуваат срчест материјал. Машините за преработка на стакло кои имаат повеќе редови на чекани што го удираат стаклото и го кршат во кубни форми или центрифугално дејство што го превртува скршеното стакло за да се добие автогена форма произведуваат естетски попривлечно дробено стакло.

*Чистота:* Стаклото што се преработува како стаклен крш подготвен за топење за производство на садови изгледа валкано. Тоа е затоа што преостаната влага и шеќерите во стаклото придонесуваат стаклениот прав и амбиентната нечистотија да се прилепуваат на стаклените површини. Стаклото обично може да се исплакне прилично лесно. Еден метод што функционира добро е да се стави гранулирано стакло во мешалка за цемент и да се полева со вода додека се врти барабанот, сè додека не потече чиста вода.

*Загадување:* Повеќето од загадувачите во стаклото можат да се откријат во текот на процесот на скрининг на големината. Сепак, стаклото што се користи во апликациите за уредување на терени не смее да содржи никакви загадувачи. Секоја лабава хартија од етикети или метално капаче ќе се издвојува на самиот терен. За да се постигне таков квалитет преработката може да бара систем кој опфаќа преддробење, сушење, дробење, скрининг и контрола на правот.

*Боја:* Општо земено, дизајнерот има три избори: просирна, зелена и кафена. Постои и сино стакло, но може да биде тешко да се акумулира доволно за значителна инсталација. Безбојното прозорско стакло во парченца од 2.5/20 cm и помали може да изгледа бело како снег. Ако се користат само големини од 2.5/20 cm до 2.5/10 cm, стаклото има поголем отсјај. Стаклото од 2.5/20 cm до 2.5/10 cm со вода што тече или прска врз него трепери како милион дијаманти. Дизајнерот треба да ја интегрира бојата со околината и да размислува за изгледот на местото во текот на созревањето на теренот. Стаклото што првично изгледало бело може да се стане сиво од прав во сува урбана средина

или од растенијата од кои се рони органска материја. Зелената боја на стаклото за садови може да не прилега со боите на некои бои на растенијата. Со текот на времето месната почва може да мигрира во стаклото, поради што е неопходно да се обнови стаклениот слој или стаклото да се претвори во почва, употребувајќи го стаклото како природен агрегат. Дизајнерот треба да размислува долгорочно.

*Компатибилност со животната средина:* Вообичаено е да се види плевел како расте во натрупано рециклирано стакло. Меѓутоа, како поформален тест за тоа дали постојат некакви очигледни проблеми со компатибилноста помеѓу дробеното стакло и развојот на растенијата беше спроведена една студија со која стаклото беше тестирано како хидропонски медиум за одгледување (види точка 7.3) Никаква статистичка разлика не беше забележана меѓу босилекот одгледан во стакло и босилекот одгледан во конвенционален хидропонски медиум. Стаклото без честички ќе се исцеди брзо. Сепак, задржувањето на водата може да биде пожелна карактеристика. Стаклените парченца ќе остават траги со чевлите на ист начин како и парчињата цигла или камчињата.

*Цена:* Зеленото рециклирано стакло или рециклираното стакло со мешани бои е достапно бесплатно или по минимална цена. Сепак, преработката на стаклото до квалитет за уредување на терени може да чини од 20 до 50 долари по тон. Постојат некои специјализирани преработувачи на стакло кои прават доволно чист производ што може да се користи во апликации за уредување терени (на пример, TriVistro, Сиетл, Вашингтон, 206-301-0181). Во некои градови постојат специјализирани преработувачи на агрегати кои можат да преработат стакло за според спецификации по нарачка. Можно е, исто така, да се добие стакло од инсталација за третман и да се исчисти на самото место за да биде прифатливо. Стаклото може да биде убав и функционален материјал за уредување на терени ако се земат предвид прашањата опишани погоре.<sup>19</sup>

---

<sup>19</sup> Glass as a Hydroponic Rooting Medium, Clean Washington Center Report GL-96-2, 1996.

## 7.8 Спецификации на стаклен крш за производство на изолација од фиберглас

Производството на изолација од фиберглас толку порасна што денес има најголема употреба на рециклираното стакло.<sup>20</sup> Бидејќи фибергласот не е прозиран колку стаклото, некои луѓе претпоставуваат дека фиберглас суровините можат да толерираат повисоки нивоа на загадувачи од производството на садови. Всушност, металните, органските и керамичките загадувачи можат да бидат скапи за квалитетот на фибергласот и опремата за производство. Во текот на производството на фиберглас, во печката континуирано се додава смеса од суровини за стакло и стаклен крш. По топењето и „рафинирањето“, стопеното стакло се преде во влакна преку процес наречен фиберизација. За да се обезбеди производство на конзистентни влакна, стаклениот крш мора да ги задоволува спецификациите за хемискиот состав на главните и споредните оксиди, конзистентноста на бојата и нивоата на загадувачите. Хемискиот состав на стаклениот крш како смеса од суровини за фиберглас треба биде во опсегот наведен во табелата 2.

Табела. 2: Хемиски состав на главни и споредни оксиди

Table 2 : Chemical composition of the main and secondary oxides

Материјал / Material	Минимум(% тежински)/ Minimum	Максимум (%тежински) Maximum
SiO <sub>2</sub>	70,0	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Нема/ don't have	0,5
CaO & MgO	11,0	Нема/ don't have
Na <sub>2</sub> O	13,0	Нема/ don't have
PbO	Нема/ don't have	0,2
H <sub>2</sub> O	Нема/ don't have	2,0
Carbon	Нема/ don't have	0,1
FeO	Нема/ don't have	0,1
Ag <sub>2</sub> O	Нема/ don't have	0,05
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Нема/ don't have	0,1
CoO	Нема/ don't have	0,05

<sup>20</sup> Apotheker, S., "Fiberglass Manufacturers Revisit Cullet," Resource Recycling, June 1980, pp. 22-24

Варијациите во концентрацијата на главните оксиди може да влијаат и на вискозитетот и на емисивноста на стопеното стакло. Вискозитетот е мерка на отпорност на проток, додека емисивноста е способност на материјалот да емитува топлина преку зрачење. И двете својства влијаат на способноста за атенуација на стопеното стакло во текот на формирање на влакната. Покрај тоа, промената на концентрацијата на главните оксиди може да предизвика флукутации во електричната резистенција на стопеното стакло. Ова бара прилагодување на поставувањата на трансформаторот кој го контролира инпутот на моќност во печката, како и вршење промени на обрасците на топлински проток, патеките на струење и распоредувањето на температурата и сите се непожелни за време на стабилната работа на печката. Составот на споредните оксиди и оксидите во траги на смесата на стаклениот крш е исто така многу важен. Оксидите како што се  $\text{CoO}$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , и  $\text{FeO}$  можат да влијаат на инфрацрвената топлинска трансмисија, на пренесувањето на топлината за време на топењето и на стапката на ладење на влакната. Овие фактори ќе влијаат на атенуацијата на влакната, коешто доведува до варијабилност на дијаметрите и должините на влакната.

*Конзистентност на бојата.* Секоја група бои на стаклото за садови – бело (безбојно), зелено, и килибарно - се карактеризира со различен оксидациски број. Белото стакло е силно оксидирано, зеленото варира од малку оксидирано до малку редуцирано, а килибарното е многу редуцирано. Затоа, промените на бојата на додадениот стаклен крш можат да доведат до промена на оксидацискиот број на стаклото што се топи во печката. Процесот на топење може да се врши во широк опсег на оксидациски броеви, но стабилноста во рамките на овој опсег е апсолутно неопходна. Ненадејната промена на оксидацискиот број ќе предизвика благо до сериозно пореметување во печката, бидејќи растворливоста на гасот  $\text{SO}_2$  во растопеното стакло варира со оксидацискиот број. Во принцип,  $\text{SO}_2$  е високорастворлив во добро оксидирано или добро редуцирано растопено стакло. Кога ќе се смени оксидацискиот број и ќе се ослободи  $\text{SO}_2$ , на површината на растопеното стакло се формира стаклеста пена, којашто ја изолира зоната на реакција на смесата суровини од топлината на растопеното стакло под неа. Тогаш мора да се додаде повеќе енергија во печката за да ја истопи надојдената смеса на суровини. Во

спротивно, ќе се формира кора на површината на растопеното стакло. Зголемувањето на температурата на топење ја менува вискозноста на стаклото и мора да се прилагоди стапката на фиберизација.

*Загадување со метали.* Металните загадувачи во стаклениот крш не оксидираат во фиберглас печката, и заради тоа тие нема да се стопат. Наместо тоа, овие загадувачи потонуваат и формираат базенчиња растопен метал на дното на печката, предизвикувајќи корозија, а потоа и истекување на стакло, со што го скратуваат животот на печката. Или пак, металите можат да се пробијат низ огноотпорниот дел на печката, да стасаат до заштитниот челик, и да предизвикаат дефект и да ја загорат безбедноста на работникот.

*Органски материји.* Стаклениот крш што се користи за смесата сировини за фиберглас не треба да содржи ниту органски материји како што се хартиени етикети, пластични капачиња па дури ни парченца дрво. Присуството на органски материјал може да влијае на оксидацискиот број на растопената маса многу слично како промената на мешавината на боите.

*Керамика.* Стаклениот крш не смее да содржи груби керамички загадувачи, или тие треба да бидат добро иситнети пред топењето. Керамички загадувачи во стаклениот крш сировина може да бидат парчиња садови за јадење (чини, чаши), садови за готвење (Visionware, Pyrex), како и тули, камења и бетон. Керамичките парченца поголеми од број сито 12 (1,7 mm) не се растопуваат во фиберглас печката, и ги затнуваат предачите на печката. Предачите се ротирачки чашки со рамно дно, со перфорирани страни, кои се користат за производство на фиберглас за време на фиберизацијата.

Преработката на стаклениот крш треба да вклучува сортирање по бои, отстранување на метали и органски материји и отстранување или ситнење на грубата керамика. За да се одржи хемиската конзистентност на стаклениот крш и на растопеното стакло, производителот на фиберглас или инсталацијата за преработка на материјали треба периодично да врши сеопфатна хемиска анализа на репрезентативни примероци од стаклен крш. Треба да се познаваат стандардите за прифаќање на производители на фиберглас за хемиска конзистентност, распределеност на боја и нивоа на загадувачи пред да се изврши подготовка и испорака на стаклениот крш.

Главна придобивка од производството на фиберглас од стаклен крш е обезбедувањето на хемиска конзистентност и конзистентност на мешавината на бои на смесата суровини, којашто го оптимизира топењето на стаклото и фазите на фиберизација во производството на фиберглас. Покрај тоа, елиминирањето на загадувачите од стаклениот крш ќе помогне да се минимизира оштетувањето на печката и на опремата за фиберизација. Ова може да најде широка примена во фабрики за производство на фиберглас и инсталации за преработка на материјали.

### 7.9 Рециклиран стаклен песок како алтернативна опција за подлоги за цевки<sup>21</sup>

Главен извор на стаклен песок може да биде од преостанати мешани, обоени и мали стаклени парчиња, или „ситнеж“, останати по главниот процес на рециклирање и се несоодветни за производство на нови стаклени садови. Овие материјали се дробат до 10 mm- ситнеж, се мијат од страна на снабдувачот и се транспортираат до објектот за преработка. Ситнежот се дроби, скринира и гранулира за да се произведе стаклен песок од минус 4,75 mm. Стаклениот песок од минус 4,75 mm може понатаму да се намали до 0 - ,3 mm, ,3 - ,9 mm, 9 mm – 1,2 mm, 1,5 mm – 3 mm.



Слика 5 Стаклен песок  
Figure 5 Glass sand

<sup>21</sup> • Glass Sand for Pipe Bedding - Department of Environment and Climate Change NSW  
• Glass Sand for Pipe Bedding- Boulderstone  
• Water Resource Alliance – General Construction Specifications  
• Environment Protection Act (Industrial Waste) Regulations 2009  
• EPA Publication 448.3\* May 2007 - CLASSIFICATION OF WASTES

Согласно со студијата изработена од страна на Water Resources Alliance (WRA) од Мелбурн, Австралија оцената е соодветноста на рециклиран стаклен песок како алтернативен материјал за подлоги за цевки. Имено, разработена е студија за употреба на стаклен песок како секундарна опција за корисна повторна употреба.



Слика 6 Локација на теренските испитувања  
Figure 6 Location of field trials

Условите кои треба да се исполнат се содржината на влага во материјалот за подлога не смее да надминува 10% тежински. Материјали можат да бидат предложени само со објективни докази дека тие можат да бидат поставени и набиени за да се постигне истиот степен на набивање како што е специфицирано и истите карактеристики како што е дефинирано согласно со законите. За алтернативните материјали е потребно одобрување од страна на производителот на цевките дека материјалите нема да ги оштетат премазите на цевката и задоволително ќе го носат цевководот во целиот тек на неговото предвидено времетраење.



Потврдено е дека употребата на стаклен песок во градежни активности не предизвикува никакви значителни еколошки или здравствени ризици. Стаклениот песок и ситнежот беа класифицирани како неопасни од страна на националната комисија за професионално здравје и безбедност. Употребата на стаклениот песок е корисна за животната средина, како што е пренасочувањето на цврстиот отпад од депониите, зачувувањето на нашите природни ресурси и намалувањето на емисиите на стакленички гасови. Материјалот е поекономичен од ископаните производи (во повеќето случаи). Се потврди дека употребата на материјалот нема да предизвика негативни здравствени и безбедносни ефекти на персоналот кој ракува со материјалот. Лабораториските резултати укажуваат на тоа дека материјалот не претставува никаков ризик за животната средина. Употребата на рециклирани производи уште повеќе ќе им помогне на компаниите во остварувањето на целите за одржливост и животна средина.

#### **7.10. Покривање на депонија**

Стаклениот агрегат е соодветен медиум за покривање на депонии. Тој успешно се користи во некои земји од Европа, измешан со горниот слој од почвата и со природни агрегати, но и како 100% старо стакло.

Многу депонии вршат секојдневно покривање со крупен песок/агрегат. Често тие користат чист материјал за пополнување од ископувања или градежен отпад или отпад од изградба на патишта. Многу депонии наплаќаат надоместок за истовар за да добијат чист материјал за пополнување погоден за покривање на депонијата. Дробеното стакло најверојатно нема да биде угодно за финална покривка, која обично е мешавина од нивоа на песок, глина и горен слој на почва.

Некои локации од време на време имаат недостиг на соодветни материјали за покривање и ја ископуваат, преработуваат и транспортираат својата покривка. Ова претставува можност за користење на отпадното стакло за покривка на депонијата.

Обично, стаклото што се користи за покривање на депонии ќе бара минимална повторна преработка - крупно дробење или грубо кршење со користење на

механизацијата / возилата на депонијата. Стаклото може да толерира високо ниво на загадувачи и не мора да се сортира според боја, така што ова може да биде добра употреба за стаклениот крш што не е соодветен за други апликации.

Една провинциска депонија ќе користи од 50.000 т до 250.000 т на депониска покривка на годишно ниво. Големите депонии на метрополите можат да користат многу повеќе од тоа. Покривањето на депониите е употреба на стаклото со мала вредност, но таа би можела да биде економски одржлива ако во трошоците се земе предвид пренасочувањето на отпадот.

## 8. ЗАКЛУЧОК

Стаклото е материјал кој се употребува од самите почетоци на човековата цивилизација. Употребата на природното стакло е позната уште од праисторијата за што сведочат многуте археолошки наоѓалишта. Стаклото се користело за изработка на врвовите на стрелите, ножевите и копјата, како и за накит и други предмети за размена.

За татковина на стаклото се смета Египет каде што преку археолошки ископувања се пронајдени стаклени предмети, остатоци од работилници со калапи и печки за топење на стакло. Развиено производство на стакло имаа Феничаните, Асирците, Палестинците. Подоцна центар за производство на стакло станува Рим (до V век), од каде оваа вештина се шири по римските провинции, а од XV до XVII век Венеција почнува со производство на стакло со високоуметнички вредности, украсно стакло, боено и сликано стакло за прозорци, стакло за огледала и лустери.

Модерната историја на стаклото започнува во 1851 година кога англискиот архитект Јосеф Пакстон (Joseph Paxton), за светска изложба во Лондон, проектира стаклен павилјон под име „Crytal Palace“ (Кристална палата). Тој настан ги поттикна архитектите да го користат стаклото како градежен материјал. Револуцијата на стакларството ја покренал Сир Аластаир Пилкингтон Sir Alastair Pilkington со изумот на флоат (eng. float – лебдење) постапка за производство на стакло. Оваа постапка овозможи изработка на

стаклени плочи во разни бои и во различни дебелини и димензии. Преку 90% на светско производство на стакло е флоат стакло.

Во шеесеттите и почеток на седумдесеттите, Македонија беше водечка сила во производство на амбалажно стакло. Технологијата за производство на стакло опфаќаше погон за производство на амбалажно стакло, погон за производство на стаклена волна, погон за дувано стакло и кристали како и дисперзирани погони за гравирање каде се доработуваа кристалните производи. Но за жал, со транзицискиот период од социјалистичкото самоуправање до пазарна економија голем дел од индустриските капацитети беа затворени така што денес во Република Македонија не постои производител на комерцијално стакло за садови, па вкупниот пазар во државата се снабдува со увозна амбалажа и тоа главно шишиња за вино, шишиња за безалкохолни пијалаци и пивски шишиња, тегли и стакло за градежни потреби. Секако од овде произлегува дека се создаваат одредени количини на отпадно стакло што е и предмет на овој труд.

Македонија своите политики задолжително треба да ги базира на концептот на одржлив развој. Ваквиот концепт на развој подразбира промена на досегашната филозофија која главно се базира на користење на ресурсите од природата. Долгорочниот одржлив развој тргнува од рационалното користење на примарните ресурси, пред сè на необновливите, преку изнаоѓање на супститути, колку што е можно, па на обновливи ресурси, користење на секундарни сировини итн. Во оваа насока и самиот труд има за цел да претстави десет можности за користење на отпадното стакло кое се генерира во државата и со тоа да се придонесе, барем во еден сегмент, кон современите политики за одржлив развој.

Согласно со анализата направена во поглавјето 6 „Управување со отпадот во Република Македонија“ може да се заклучи дека основните проблеми кои негативно влијаат врз квалитетот на животната средина, а влијаат и на одржливиот развој, произлегуваат од состојбите во организацијата на системот за собирање, транспорт, третман и депонирање на отпадот. Во Македонија, не постои систематски организирано одделно собирање, сортирање и рециклирање на отпад. Сегашниот степен на рециклирање на отпад е

недоволен и како што е појаснето во точка 6.6 ограничен е само на еден колективен систем за постапување со отпад од пакување, преку кој производителите плаќаат надоместок. Иако примарната рециклажа во Македонија е пропишана со закон и предвидува селекција на отпадна хартија, пластика, метал и стакло во посебно означени контејнери, тоа во пракса не функционира задоволително. Собирањето е организирано главно во урбаните средини, додека во руралните области е далеку послабо организирано.

Од друга страна пак податоците покажуваат дека се генерираат доволни количини на отпадно стакло и се јавува потребата од негово искористување. Предноста на рециклажата на стаклото е оправдана од повеќе аспекти: економски, социјален и секако од аспект на заштита на животната средина. Покрај сè, преработката на отпадното стакло може сè повеќе да прераснува во посебна индустриска стопанска гранка со значителни производствени капацитети, обем на производство, кадровски потенцијали и со оправдана профитабилност во дејноста. Со постојано усовршување на техничко-технолошки достигнувања во работењето, реално е да се очекува дека оваа област на стопанството во наредниот период ќе има сè позначајна улога на стопанскиот раст и развој на националната економија.

За таа цел, во поглавјето 7 од овој труд се разработени најдобро достапните техники на светско ниво за рециклажа на отпадното стакло.

Генерално може да се заклучи дека постојат голем број одржливи можности за да се воспостават или да се прошират пазарите за отпадно стакло. Овие можности значително се разликуваат, како што е керамиката на пример, декоративните агрегати и абразивите за пескарење имаат тенденција за барања за висок квалитет и консумираат мали обеми на отпадно стакло, додека пак пазарите со ниска вредност како што се агрегатите за градежништво и медиумите за филтрација, обично имаат пониски барања за квалитет, но имаат потенцијал да консумираат поголеми обеми на отпадно стакло.

Разработените техники покажуваат дека постојат некои заеднички пречки за развој на пазарот, како што се:

- *Недостаток на информации.*

Потребен е ефикасен процес за да се дисеминираат овие информации на потенцијалните претприемачи на пазарот.

Не е неопходно овие пазари да се развијат од нула. САД, Велика Британија и Европа се соочија со проблемите со зголемување на количеството на отпад од стакло и тие веќе имаат имплементирани стратегии и одговори за справување со истите. Македонија може да добие вредни увиди од нивната истражувачка работа и нивниот развој на пазарот и производите.

- *Недостаток на техничка експертиза.*

Пазарот е релативно незрел за отпадното стакло и има недостиг на соодветна експертиза. Развивањето пазари за отпадно стакло бара знаење од тој сектор (на пример за дробење и скрининг стакло за специфични апликации) и техничко познавање на целните пазари (на пример, патишта, градежништво и управување со спортски тревници).

- *Недостаток на маркетиншка експертиза.*

Ефективниот маркетинг и дистрибутивните канали се клучни за развојот на пазарите за рециклирање. Постои недостаток на вештини и искуство во оваа област – на нив не се гледа како на пазари што се привлечни за работа.

- *Недостаток на стандарди и спецификации.*

Стаклениот крш може да се преработува во согласност со постоечките стандарди за гранулација, ниво на отпад и ниво на набивање. Сепак, постои недостаток на договорени стандарди во поглед на нивото на содржина на стаклен крш за специфицирани апликации. Стандардите што се прават во странство се развиваат врз основа на тестирање и теренски испитувања, но во Македонија генерално сè уште не се применуваат стандарди.

Воспоставувањето на стандарди може да биде скап процес. Потребна е финансиска поддршка за да им се помогне на компаниите и организациите кои сакаат да се преземаат проекти за воспоставување на стандарди.

- *Пристап до ресурси.*

Согласно со постоечката регулатива во Република Македонија одговорен за покривање на трошоците за постапување со отпадното стакло од пакување се производителите преку надоместокот кој го плаќаат на колективните постапувачи. Колективните постапувачи имаат лимитирани можности т.е. не можат да ја покријат целата територија на државата со посебни места за селектирање на стакло. Податоците од Пакомак кажуваат дека само 13% од генерираниот отпад од пакување е собран и за жал извезен од државата, бидејќи нема преработувачки капацитети. Ова значи дека е потребно воспоставување на системски пристап на собирање на отпадното стакло (и не само отпадното стакло од пакување) за да може да се добијат доволни количини и да има економска исплатливост инвестицијата за рециклажа на овој вид отпад. Веројатно пристапот до ресурсите е еден од главните сегменти зошто нема ниту една иницијатива во Македонија за отворање на капацитет за рециклирање на отпадно стакло.

- *Конкурентски производи.*

Во повеќето случаи малку е веројатно дека рециклираното стакло може да се собира, преработува, меша и испорачува на некое градилиште или фабрика и да конкурира на цената на природниот агрегат или песок. Сепак, ако постојат правилни видови на економски стимулации, стаклениот агрегат би можел да биде „вентил за ослободување“ од вишокот на собраниот материјал. За да се направат овие пазари одржливи потребно е признавање на пренасочувањето на отпадот, т.е. заштеда на трошоците за депонирање бидејќи отпадното стакло се користи за други апликации.

Генерален заклучок би бил дека за успешен систем на сепаративно собирање на стакло, потребен е систем за управување со стаклен отпад со дефинирана цел. Тоа подразбира вклучување во систем на собирање на отпад, покрај потрошувачите и производителите и трговските претпријатија и локалната самоуправа. Во трудот се прикажани можности за примена на рециклирано стакло во индустријата. Еден од примерите се големите количини на бетон кои се произведуваат во Македонија и имаат потреба за големи количини на агрегати за бетон. На тој начин сè повеќе се уништува природата

(експлоатација на песок, камен и др.). Од друга страна, стаклената амбалажа, и останатото отпадно стакло не се искористува (реупотребува). Огромни количества на стаклениот отпад се одложуваат на комуналните депонии со што се намалува нивниот век. Факт е дека индустријата за стакло може да преработи 20% од отпадното стакло преку рециклажа.

Од трудот може да се заклучи дека за да се иницира проект за преработка на отпадното стакло во Македонија тоа би требало да биде изведено во три етапи.

1) Да се развие соработката со производителите за да се дизајнира соодветна мешавина за стаклен агрегат врз основа на странски искуства и спецификации.

2) Да се тестира мешавината со лабораториски процедури за испитување. Ако технологијата ги помине бараните тестови, истата може да се додаде како одобрена формула и да се стандардизира во државата. Ова ќе значи дека на инженерите, производителите итн. ќе им биде дозволено да ја специфицираат и да ја користат таа мешавина во своето производство.

3) Да се изготват спецификации за стаклен агрегат за градежништвото. Да се изготват и да се добие одобрение за спецификации за мешавини за стаклен агрегат за употреба во градежништвото. Да се изведе сеопфатен опит за мобилно дробење на стаклото. Тој би се искористил за верификација на трошоците за основање, за превоз и за преработка. Тој, исто така, би се искористил за да се идентификува обемот на продуктивност и сè што е поврзано со преработката. Овој опит ќе ја оцени економската оправданост на дробењето стакло и потенцијално ќе помогне во формулирањето на бизнис случај за верига на мобилни дробилки. Од суштинско значење на овој проект е да биде поврзан со пазарите за дробено стакло.

Конечно за да се развијат одржливи пазари на стакло, на засегнатите страни во заедницата им треба поддршка, вклучувајќи:

Пренесување на информации

- Наоѓање и пренесување на информации на заинтересираните организации и групи.
- Наоѓање и финансирање на техничка, бизнис и маркетинг експертиза
- Наоѓање и потенцијално финансирање на финансиски достапна техничка и маркетинг експертиза.
- Финансиска поддршка за развој на пазарот, вклучувајќи подготовка на бизнис и маркетинг планови и за трошоци за основање.
- Добивање на пристап до стаклени ресурси.
- Да се максимизира користењето на странски знаења и искуства, на пример, да се добие истражување и искуство од странство, да се проучуваат странските пазари и модели, да се реализираат студиски патувања и да се донесат странски експерти.
- Да се координираат активностите за развој на пазарот. Некои од идентификуваните претприемачки можности, како на пример декоративното уредување на терени, ќе бидат релативно лесни за спроведување, но пазарот е многу мал. Ако голем број групи ги фокусираат своите напори за развивање на производи за уредување на терени, пазарот брзо може да се преоптовари во трката, а тоа ќе доведе до недостаток на претприемачка одржливост.
- Да се зголеми поддршката на постоечките иницијативи. Некои организации имаат планови да развијат пазари за рециклирано стакло или имаат проекти во тек. Да се идентификува што може да се направи за поддршка на овие организации. Кои се бариерите за развој на пазарот со кои се соочуваат? Што може да се направи за да се минимизираат или отстранат овие бариери?

Државата преку воспоставување на законодавството има голема улога во овој процес. Но и локалната самоуправа треба да се вклучи максимално и да ја почитува пропишаната регулатива и да има активна и постојана улога за спроведување на наведените препораки. Ова ќе бара дополнително финансирање и ресурси, вклучувајќи управување со проекти и истражувања. Но, улогата на одговорноста на производителот е исто така многу значајна, надоместокот кој се плаќа од страна на производителите да се искористи за развој на овие стратегии.



## 9. ДИСКУСИЈА

### 9.1 Економски аспекти

За да може да се аплицира за кој било од десетте наведени можности за искористување на отпадното стакло, еден од основните чекори за претворање на преработеното стакло во ресурс што е погоден за употреба во други апликации и пазари е стаклото да се издоби или пулверизира, а потоа скринира или гранулира за да ги задоволи спецификациите на клиентите.

Стаклото може да се дроби со користење на различни методи во зависност од предложените апликации. Општо земено, поевтините методи на дробење даваат ресурси со помала вредност, кои пак можат да користат апликации со мала вредност.

Следнава дискусија разгледува неколку различни пристапи како индикација за економските аспекти на дробење на преработено стакло, а сè со цел да се види можноста за која било од наведените најдостапни техники прикажани во овој труд.

#### 9.1.1 Кршење на стакло со користење на тешка механизација

Овој пристап произведува многу крупно, негранулирано дробено стакло погодно за апликации со ниска вредност како што е покривање на депонии. Големи тешки градежни машини како што се тие што се користат на депонии, за изградба на патишта или градежно ископување се движат врз дробеното стакло во депонијата на позајмиштето сè додека стаклото не се издоби до посакуваното ниво. Со користење на машини, како што се вибрирачки валјаци, стаклото може да се дроби и до пофини нивоа.

Предностите на овој приод се висока продуктивност и мали трошоци - помалку од 2 \$/тон. Исто така, проблемите со загадување или сортирање по боја се минимални.

Недостатоци се ограничените пазари и ниската вредност, плус потенцијалните здравствени и безбедносни прашања.

### **9.1.2 Дробење на стакло со користење на преносна опрема за дробење**

Постојат различни преносни системи за дробење кои се специјално дизајнирани за стакло или пак се дизајнирани за други намени, но можат лесно да се приспособат за користење стакло. Многу од поголемите компании што снабдуваат агрегати имаат преносна опрема за дробење и скрининг којашто може да произведе гранулирано дробено стакло.

Постојат неколку променливи величини кај дробењето на стакло кога се користат преносни системи за дробење.

- Потребната спецификација за дробен стаклен крш - кое ниво на скрининг се бара. Повисока спецификација значи поголеми трошоци.
- Локацијата каде е складирано отпадното стакло (транспортни трошоци за пренесување на дробилката на локацијата).

### **9.1.3 Дробење на стакло со користење на фиксна опрема за дробење**

Агрегатната индустрија користи различни системи за дробење на агрегати кои можат да се адаптираат за дробење стакло. Некои снабдувачи на агрегати нудат услуги за дробење по тон или на час. Бидејќи тие имаат фиксна локација, неопходно е отпадното стакло да се транспортира до дробилката.

Постојат неколку променливи величини поврзани со дробењето на стаклото кога се користат фиксни системи за дробење.

- Потребната спецификација за дробен стаклен крш - кое ниво на скрининг се бара. Повисока спецификација значи поголеми трошоци
- Локацијата каде е складирано отпадното стакло (транспортни трошоци за да се пренесе отпадното стакло до дробилката).

### **9.1.4 Заштеда од пренасочување на отпадот**

Од погоре изнесеното следува дека е можно да се пресмета заштедата од пренасочувањето на отпадното стакло од текот на отпад.

Депониските такси во Македонија се околу 10 евра/t<sup>22</sup>. Под претпоставка дека дробеното стакло било искористено за други апликации, може да има потенцијална заштеда од пренасочувањето на отпадот.

Овој пристап може да доведе општините преку своите јавни комунални претпријатија да ги финансираат трошоците или делумните трошоци за повторна преработка на стакло од буџетот за управување со депонијата. Средствата од заштедата би можело да се искористат за финансирање на трошоците за дробење.

Овие заштеди од пренасочувањето на отпадот не ги земаат предвид другите трошоци, како што се ракување, согласности, отстранување на отпадот од загадувачи на пример, административните трошоци, или трошоците за маркетинг и транспорт за дробениот стаклен крш.

Од друга страна тие не ги земаат предвид потенцијалните извори на приходи од продажба на материјали или производи од дробено стакло.

#### **9.1.5 Трошоци за основање**

Горенаведените стратегии се базираат на изведбата на активностите на дробење стакло со постоечкиот снабдувач со агрегат.

Алтернативен пристап е да се воспостави наменска операција за дробење стакло. Влезните трошоци зависат од големината на операциите на дробење стакло и дали се користи нова или половна опрема. Опсегот може да се движи од мали мобилни системи кои преработуваат 1 тон на час до 1000 или повеќе тони на ден.

При разгледувањето на трошоците, исто така е важно да се земат предвид други капитални трошоци за основање, како што се дозволи и согласности (во зависност од локацијата), земјиште и згради, опрема за скрининг и сушење, опрема за ракување (предни натоварувачи, транспортери, системи за мерење на тежина) и транспортна опрема, како и обука на персоналот, нарачки на тестови и испитувања.

---

<sup>22</sup> Забелешка на авторот: само депонијата Дрисла во Скопје наплаќа депониска такса. Останатите депонии во РМ се нестандартни и без дозволи за работа

## 9.2 Можности за вработување

Во Македонија нема достапни бројки за бројот на лицата вработени во индустријата за преработка и рециклирање на отпад. Се шпекуира со цифра од 5000 лица кои неформално работат на собирање на отпад (главно пластика и метал). Бидејќи Законот за управување со отпад предвидува рециклирање „од врата на врата“ и основање на центри за преработка на ресурси, вработувањето во секторот за рециклирање се очекува да продолжи да се зголемува. Најчесто оние кои се вработени во активностите на собирање, сортирање и рециклирање имаат малку квалификации или се неквалификувани.

Овој профил задолжително треба полесно да се менува заради тоа што повеќе претприемачи во државата, се етаблираат и се прошируваат на нови пазари, но само за одредени видови на отпад, а не и за стаклен отпад.

Отворањето нови пазари создава нови можности за вработување во етаблирани фирми (на пример, оператори на машини за дробење и изведувачи на рециклирање) или во нови бизниси (пр. сортирачи, маркетиншки работници, менаџери на тревници).

***We cannot solve our problems with the same thinking we used when we created them.***

**Albert Eins**

## 10. ПРИЛОЗИ

### **КРАТОК ПРЕГЛЕД НА МОЖНОСТИ ЗА ПРЕТПРИЕМНИШТВО<sup>23</sup>**

Табелите во прилог се истражување на пазарот за рециклирано стакло изработено од страна на Zero Waste New Zealand Trust во 2005 година и искористени се за споредба за можна имплементација на техничките решенија во Република Македонија.

---

<sup>23</sup> Kris Tomas Timary - Zero Waste New Zealand Trust PO Box 33 1695 Takapuna Окленд, Нов Зеланд [www.zerowaste.co.nz](http://www.zerowaste.co.nz), 2005

**Табела 3. Обичен материјал за полнење / материјал за затрупување**  
**Table 3. Plain filler material / material encumbering the excavation**

Можности на пазарот	Да се користи дробено стакло како замена за природни агрегати за обичен материјал за полнење и материјал за затрупување од ископ. Во зависност од апликацијата, може да се користи 15% до 100% стаклен крш. Предложениот приод е да се дроби стаклото и да се продава на снабдувачот на агрегат или на изведувачот на дробењето или директно на градежните изведувачи, земјоделците итн.
Локации	Во цела Македонија, но ќе зависи од достапноста и цената на локалните природни агрегати.
Големината на пазарот	Непознат.
Капитални трошоци	Зависат од стилот на работа.
Оперативни трошоци	Наплата за изнајмување / дробење 15 - 25 \$/t. Цена на транспорт околу 3 \$/km за камион со приколка од 26 t (0,12 \$/t по km). Би се плаќала минимална цена, а и таа може да се намали ако се обезбеди превоз на товар за враќање.
Потреба од работна рака	Зависи од стилот на работа. 1-2 FTE <sup>24</sup> по претпријатие за дробење, транспорт и маркетинг.
Потенцијални приходи	20 \$/t – 25 \$/t. За да бидат економски, ќе треба да се признаат трошоците за пренасочување на отпадот.
Потенцијални партнери во секторот	Локалниот совет, собирачот на стаклото, снабдувачите на агрегати или изведувачот на дробењето, градежниот изведувач, колективен оператор за амбалажен отпад.
Стратегии за развој на пазарот	Да се идентификуваат потенцијалните проекти на советите или приватни проекти кои бараат материјал за пополнување. Да се изградат врски со доверливи градители и да се иницира испитување. Да се изнајдат технички информации и да се едуцира советот, инженерите и градежните изведувачи.

<sup>24</sup> FTE (Full time equivalent) - еквивалентни работни места со полно работно време

**Табела 4. Изградба на патишта/автопати****Table 4. Construction of roads / highways**

Можности на пазарот	Да се користи дробено стакло како делумна замена за материјал за носечки долен слој или за слој за подлога на пат.
Локации	На целата територија.
Големина на пазарот	Голем.
Капитални трошоци	Зависат од стилот на работа.
Оперативни трошоци	Наплата за изнајмување / дробење 15 – 25 \$/t. Цена на транспорт околу 3 \$/km за камион со и приколка од 26 t (0,12 \$/t по km). Би се плаќала минимална цена, а и таа може да се намали ако се обезбеди превоз на товар за враќање.
Потреба од работна рака	Зависи од стилот на работа. 1-2 FTE по претпријатие за дробење, транспорт и маркетинг.
Потенцијални приходи	15 \$/t – 20 \$/t. За да бидат економски, ќе треба да се признаат трошоците за пренасочување на отпадот.
Потенцијални партнери во секторот	Локалниот совет, собирачот на стаклото, снабдувачите на агрегати, изведувачот на дробењето, изведувачите на патот.

Стратегии за развој на пазарот	<p>Да се работи со локален изведувач, да се специфицира и лабораториски да се испита смесата на стаклениот агрегат. Ако таа ги исполнува барањата, во тој случај ќе ја додадат во стандарди како одобрена смеса. Откако еднаш ќе се одобри, оваа смеса може да се користи во сите апликации за патишта насекаде каде што се исполнети условите.</p> <p>Откако еднаш ќе се одобри, локалниот совет треба да го специфицира минимизирањето на отпадот како дел од договорите за зелени набавки.</p>
--------------------------------	---

**Табела 5. Гласфалт**  
**Table 5. Glasfalt**

Можности на пазарот	<p>Да се користи дробено стакло како замена за најмногу 15% од агрегатите кои се користат во асфалт за патеки, паркиралишта, улици во приватни станбени комплекси, итн. Да се дроби стаклото и да се продава на изведувачот на асфалтот.</p>
Локации	На целата територија на РМ.
Потенцијален пазар	<p>Голем – Пример: во Invercargill се проценети 500 t за едногодишна програма за пешачки патеки со употреба на 15% мешавина на гласфалт.</p>
Капитални трошоци	Зависат од стилот на работа.
Оперативни трошоци	<p>Наплата за изнајмување / дробење 15 – 5 \$/t. Цена на транспорт околу 3 \$/km за камион со и приколка од 26 t (0,12 \$/t по km). Би се плаќала минимална цена, а и таа може да се намали ако се обезбеди превоз на товар.</p>
Потреба од работна рака	Зависи од стилот на работа. 1-2 FTE по претпријатие во дробење, транспорт и маркетинг.
Потенцијални приходи	20 \$/t – 25 \$/t. За да бидат економски, ќе треба да се признаат трошоците за пренасочување на отпадот.

Потенцијални партнери во секторот	Локалниот совет, собирачот на стаклото, снабдувачите на агрегати, изведувачот на дробењето, изведувачот на патот.
Стратегии за развој на пазарот	<p>Да се добијат информации од Transit New Zealand и од интернет страници. Да се добие поддршка од локалниот совет за да се специфицира гласфалт за локален договор.</p> <p>Не мора да биде пат - може да бидат патеки, приватни улици или паркиралишта. Да се работи со изведувачот за да се прилагоди грануирањето. Да се натера локалниот совет да го постави минимизирањето на отпадот како дел од политиките за зелени набавки.</p>

**Табела 6. Подлога за цевки и асфалтирање**

**Table 6. Substrate for pipes and paving**

Можности на пазарот	<p>Да се користи многу фино дробено стакло како замена за до 100% од агрегатот /песокот во подлогата за цевки или асфалтирањето. Да се дроби стаклото и да им се продава на поставувачите на цевки и на други градежни изведувачи. Да се идентификуваат потенцијалните малопродажни места за продажба на пазарот за домови/со товарање во приколки.</p> <p>Може да се произведе „прав од дробилка“ во комбинација со други поголеми агрегати и можеби да се користат за дренажа или во апликации за спортски тревници.</p>
Локации	На целата територија на РМ.
Потенцијален пазар	Непознат.
Капитални трошоци	Зависат од стилот на работа.
Оперативни трошоци	Наплата за изнајмување / дробење 15 – 25 \$/t . Цена на транспорт околу 3 \$/km за камион со приколка од 26 t (0,12 \$/t по km). Би се плаќала минимална цена, а и таа може да се намали ако се обезбеди превоз на товар за враќање.
Потреба од работна рака	Зависи од стилот на работа. 1-2 FTE по претпријатие во дробење, транспорт и маркетинг.



Потенцијални приходи	20 \$/t. За да бидат економски, ќе треба да се признаат трошоците за пренасочување на отпадот.
Потенцијални партнери во секторот	Локалниот совет, снабдувачите на агрегати, изведувачот на дробењето, изведувачите на водоводот и дренажата, инженери за дренажа и наводнување.
Стратегии за развој на пазарот	Да се идентификуваат потенцијалните проекти - и домашните и комерцијалните. На пр. да се преасфалтира главна улица. Да се добие поддршка од советот да го постави минимизирањето на отпадот како дел од политиките за зелени набавки.

**Табела 7. Покривање на депонија**

**Table 7. Covering the landfill**

Можности на пазарот	Да се користи дробено стакло како замена за чист материјал за пополнување/природни агрегати за дневно покривање на депонија. Може да се користи 100% кршено мешано стакло или да се помеша стаклото со друг чист материјал за пополнување. Погодно за пазари каде што постои недостаток на чист материјал соодветен за дневно покривање на депонии.
Локации	На целата територија, ќе зависи од политиката на операторот на депонијата и прашањата за дозвола на ресурсите кои се погодни за депонирање.
Големината на пазарот	Непознат, но потенцијално голем - вкупното стакло во секоја локација ќе биде мал процент од барањата за дневно покривање на депониите.
Капитални трошоци	Зависат од стилот на работа, но потенцијално минимални ако се користи постоечка опрема за депонии за крупно кршење или за груб стаклен крш.
Оперативни трошоци	Минимална наплата за дробење > 2 \$ /тон и се користи постоечкиот персонал од депонијата.

Потреба од работна рака	Оператор на машини. 0,5 FTE по претпријатие.
Потенцијални приходи	Нула. Но потенцијална заштеда на трошоците, ако операторот на депонијата има трошоци за да набави чист материјал за пополнување. Потенцијална загуба на наплата на чист материјал за пополнување.
Потенцијални партнери во секторот	Локален совет, операторот на депонијата, изведувачот на преработката на ресурсите

**Табела 8. Пескарење и абразиви**  
**Table 8. Blasting and Abrasives**

Опис	Да се користи дробен стаклен песок како абразив за пескарење. Секторот бара стакло со униформна големина. Системот за дробење и скрининг мора да биде во можност да ги екстрахира загадувачите и да ги задоволи прецизните спецификации.
Локации	На целата територија на РМ, особено во поголемите градови
Потенцијален пазар	Непознат, но како пример се наведува: RMF веќе обезбедува 100 t околу South Island, а операторот Greymouth произведува 150 t стаклен песок на годишно ниво за сопствена употреба. Има потенцијал да се зголеми пазарот.
Капитални трошоци	Потребна е инвестиција во опрема за дробење или блиска соработка со изведувачот на дробењето за да се обезбеди потврда дека стаклото ги исполнува спецификациите. Ќе биде потребно извесно време за да се утврдат најдобрите процеси за да се исполнат барањата на клиентите.

Оперативни трошоци	<p>Наплата за изнајмување / дробење &lt;25 \$/t. Цена на транспорт околу 3 \$/km за камион со приколка од 26 t (0,12 \$/t по km) и работна рака.</p> <p>Ќе треба некои области да се испитаат, со континуирана евалуација и тестирање.</p>
Потреба од работна рака	<p>Три главни барања. Контрола на квалитетот – подготовка на стакло - сортирање според боја и екстрахирање на загадувачи, операциите на дробење и транспортот зависат од структурата. Корисна е експертиза од областа на пескарењето. Од 2-3 FTE по претпријатие во дробење, транспорт и маркетинг.</p>
Потенцијални приходи	80 - 100 \$/t.
Потенцијални партнери во секторот	Оператори на пескарење и компании за производство на градежни машини.
Стратегии за развој на пазарот	<p>Влегувањето е инхибирано со постоењето на RMF како актуелен лидер на пазарот за рециклиран стаклен песок. RMF има разбирање на пазарот и на барањата на клиентите. RMF има резервен капацитет да ја задоволи зголемената побарувачка.</p> <p>Најдобра стратегија е да се фокусира на локалните пазари – мал обем, голема вредност.</p>

**Табела 9. Агрегати за уредување на терен и декорација**  
**Table 9. Aggregates editing field and decoration**

Можности на пазарот	<p>Да се користи дробено стакло како замена за природен декоративен песок и камен. Може да се користи за општо уредување на терен , нишка на декоративно уредување на терен или украсување на аквариуми, вазни, фонтани и др. -висока вредност, мал обем. Контролата на квалитет е од суштинско значење како и селектирањето според боја. Шишињата треба да се селектираат рачно. Стаклото се става во процес на кршење, се обработува машински со абразив и се гранулира, пакува.</p> <p>Идеални за работа со други операции за преработка на ресурси. Остатокот од стаклото може да се преработи и да се користи за други апликации.</p>
Локации	Главните области на метрополите, извозна ориентација.
Големината на пазарот	Мал
Капитални трошоци	Мали. Потребни се мали дробилки, плус машина за абразивна обработка (бетонска мешалка). Истражување на пазарот и пакувањата.

Оперативни трошоци	Труд интензивен.
Потреба од работна рака	Сортирање, оператор на машини, пакување, маркетинг. 2-3 ФТЕ по претпријатие.
Потенцијални приходи	500 – 2500 \$/t.
Потенцијални партнери во секторот	Дистрибутери, на пр. колективни оператори, складишта или снабдувачи кои им продаваат на овие синџири.
Стратегии за развој на пазарот	Да се преземе истражување на пазарот со големите синџири и независните расадници и центри за уредување на терен. Потребно е добро разбирање на пазарот на материјали за декорирање. Треба да постои свест за брендирањето, позиционирањето (да не е евтин производ), пакувањето и маркетингот (силна порака за рециклираното стакло).

**Табела 10. Филтрација и дренажа**

**Table 10. Filtration and drainage**

Можности на пазарот	Да се користи дробено стакло како замена за природен песок за медиуми за филтрација и дренажа. Во зависност од апликацијата може да се користи од 15% до 100% стаклен крш. Предложениот приод е да се дроби стаклото и да се продава на снабдувачот на агрегат или изведувачот на дробењето или директно на изведувачите на градењето / дренажата.
Локации	На целата територија, но ќе зависи од достапноста и цената на локалните природни агрегати.
Големината на пазарот	Непознат, но голем.
Капитални трошоци	Зависат од стилот на работа, но потребно е квалитетно управување за да се осигура дека дробеното стакло ги исполнува спецификациите.

Оперативни трошоци	Наплата за изнајмување / дробење 15 – 25 \$/t. Цена на транспорт околу 3 \$/km за камион со приколка од 26 t (0,12 \$/t по km).
Потреба од работна рака	Зависи од стилот на работа. 1-2 FTE по претпријатие за дробење, транспорт и маркетинг.
Потенцијални приходи	20 \$/t – 25 \$/t. Можеби ќе треба да се признаат трошоците за пренасочување на отпадот.
Потенцијални партнери во секторот	Локалниот совет, собирачот на стаклото, снабдувачите на агрегати или изведувачите на дробење, градежниот изведувач.
Стратегии за развој на пазарот	Да се идентификуваат потенцијалните проекти на советите или приватни проекти кои бараат медиуми за филтрација или дренажа. Да се изградат врски со доверливи градители и да се иницира испитување. Да се изнајдат технички информации и да се едуцира советот, инженерите и градежните изведувачи.

**Табела 11. Керамика**  
**Table 11. Ceramics**

Можности на пазарот	Да се дробат стаклото и да се меша со сврзувачки агенси за да се подготват плочки, плочи за работни површини, терацо плочки и тули од рециклирано стакло.
Локации	Сите главни области, потенцијал за извоз.
Големината на пазарот	Непознат, но може да биде конкурентен во добро воспоставени пазари на пример, фасади/подови на куќи, итн.
Капитални трошоци	Средни до големи. Потребно е соодветна опрема за дробење / скрининг (иако таа може да се изнајми / договори), плус погодни печки и опрема за лиење.  Истражување на пазарот и пакувањата.
Оперативни трошоци	Капитални интензивни активности.

Потреба од работна рака	Сортирање, оператор на машини, пакување, маркетинг. - 1-2 FTE по претпријатие.
Потенцијални приходи	500 \$/t – 5000 \$/t.
Потенцијални партнери во секторот	Компании за снабдување на градежни материјали, увозници и дистрибутери.
Стратегии за развој на пазарот	Потребни се обемни истражувања на пазарот и на производите за да се достигне комерцијалната фаза. Потребно е добро разбирање на пазарите и на производните процеси. Треба да постои свест за брендирањето, позиционирањето (да не е евтин производ), пакувањето и маркетингот (силна порака за рециклираното стакло).

## 11. КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА (REFERENCES)

- Закон за управување со отпад („Службен весник на Република Македонија“ бр. 09/11, 123/12, 147/13 и 163/13)
- Zoran Sapuric, Filip Ivanovski, Ana Karanfilova-Maznevskа, Vulnet Zenki“Establishment of Packaging Waste Management System in Macedonia” in Journal of International Environmental Application & Science “ Year 2013, Volume VIII (Issue IV), p.p. 627- 633, IC™ Value: 6.59, indexed in Index Copernicus, USDA, United States Department of Agriculture – National Agriculture Library, EBSCO, Agriculture Economic Database, Environmental Expert, National Library of Australia and many other bases: ISSN: 1307-0428, ICID 915364
- Зоран Шапуриќ , (2010). Животна средина и одржлив развој – Регулативи и политики, ,Универзитет Американ Колеџ Скопје, 64-66

- W.H. Zachariasen "The Atomic Arrangement in Glass" Journal of Non-Crystalline Solids (Impact Factor: 1.72). 05/1982; 49(s 1–3):1–17. DOI: 10.1016/0022-3093(82)90105-3
- Закон за управување со пакување и отпад од пакување („Службен весник на Република Македонија“ бр. 161/09, 17/11, 47/11, 136/11, 6/12 и 163/13)
- Закон за управување со електрична и електронска опрема и отпадна електрична и електронска опрема („Службен весник на РМ“ бр. 6/12 и 163/13)
- Стратегија за управување со отпад на Република Македонија (2008-2020) година („Службен весник на Република Македонија “ бр. 39/08)
- <http://www.pakomak.com.mk>
- Крис Томас Тимару, Zero Waste New Zealand Trust PO Box 33 1695 Takaruna Окленд, Нов Зеланд, 2005
- Product literature and telecon, Sept. 1996, Wayne McDonald, Glass Recycling Inc., Marietta, Georgia
- IMTEK, Inc., Blast Cleaning Abrasive Evaluation Program, prepared by KTA Tator, Inc., 1995. John Hill, Hill Abrasives, Ontario, New York, 315/946-5100
- Glass Feedstock Evaluation Project: Engineering suitability Evaluation. Report GL-93-5. ReTAP, Clean Washington Center. Community Trade and Economic Development, State of Washington, 1994
- Тестирање на употребата на стакло како медиум за хидропонско одгледување (бр. GL-96-2), CWC Publication Order Form, 1996, [www.cwc.org](http://www.cwc.org)
- CWC Publication Order Form, 1996, [www.cwc.org](http://www.cwc.org)
- Day, D.E., and Schaffer, R., Glassphalt Paving Handbook, University of Missouri-Rolla, Jefferson City, MO
- The Asphalt Handbook, 1989, Asphalt Institute Manual Series No. 4.1996
- Glass as a Hydroponic Rooting Medium, Clean Washington Center Report GL-96-2, 1996



- Apotheker, S., „Fiberglass Manufacturers Revisit Cullet“, Resource Recycling, June 1980, pp. 22-24
- Glass Sand for Pipe Bedding - Department of Environment and Climate Change NSW
- Glass Sand for Pipe Bedding- Boulderstone
- Water Resource Alliance – General Construction Specifications
- Environment Protection Act (Industrial Waste) Regulations 2009
- EPA Publication 448.3\* May 2007 - CLASSIFICATION OF WASTES
- РЕЦИКЛАЖА И ОДРЖИВИ РАЗВОЈ/RECYCLING AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT Радмило Николић<sup>1</sup>, Слађана Перовић<sup>2</sup> <sup>1</sup>Технички факултет Бор, Универзитет у Београду <sup>2</sup>Факултет за менаџмент Зајечар, Мегатренд Београд
- Николић Р., „Економија природних и секундарних ресурса“, Београд, 2008
- Borisov, M., Banković, R., 2011, Upravljanje projektima po pristupu projekt menadžmenta, Vojnotehnički glasnik/Military Technical Courier, Vol. 59, No. 2, pp. 142–157.
- Đukanović, M., 1996, Životna sredina i održivi razvoj, Elit, Beograd
- Bjegović, D.; Štirmer, N.:Teorija i tehnologija betona 119str Građevinski fakultet Zagreb Diplomski studij, smjer Materijali - Komponente za izradu betona - AGREGAT
- EPA Publication 448.3\* May 2007 - CLASSIFICATION OF WASTES
- ИНЖЕНЕРСТВО НА МАТЕРИЈАЛИ (книга е создадена како дел од проектните активности во рамките на Темпус проектот Tempus158989-Tempus-1-2009-1-BE-Tempus-JPHES „Creation of universityenterprise cooperation networks for education on sustainable technologies“) од авторите Емилија Фиданчевска, Универзитет „Св. Кирил и Методиј“ во Скопје, Технолошко-металуршки факултет, Скопје, Република Македонија и Винета Сребренкоска Универзитет

„Гоце Делчев“, Технолошко-технички факултет, Штип, Република Македонија  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Glass\\_recycling](http://en.wikipedia.org/wiki/Glass_recycling). Посетено на 31.1.2012.

- [http://en.wikipedia.org/wiki/British\\_Standards](http://en.wikipedia.org/wiki/British_Standards). Посетено на 31.1.2012.
- British Glass Manufacturers Confederation–Public Affairs Committee (2003)
- Glass Recycling – Life cycle carbon dioxide emissions.
- [http://www.wrap.org.uk/downloads/British\\_Glass\\_Glass\\_Recycling\\_LifeCycle](http://www.wrap.org.uk/downloads/British_Glass_Glass_Recycling_LifeCycle)
- DEFRA Waste implementation programme (2007) A Report by Cranfield University and Enviros Consulting Limited: Defra waste implementation programme Wycombe district council, Health impact Assessment of alternate week waste collections of biodegradable waste. [http://www.enviros.com/PDF/Defra\\_HIA\\_Alternate\\_Week\\_Collections](http://www.enviros.com/PDF/Defra_HIA_Alternate_Week_Collections). Посетено на 26.12.2011
- Način života (2012) Prednosti Recikliranja stakla. <http://nacinzivota25.blogspot.com/2011/09/prednosti-recikliranja-stakla.html>  
Посетено на 10.11.2012
- Parfitt J (2002) Analysis of household waste composition and factors driving waste increases.  
<http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/+/http://www.cabinetoffice.gov.uk/media/cabinetoffice/strategy/assets/composition.pdf>. Посетено на 20.10.2011
- Glass Sand for Pipe Bedding - Department of Environment and Climate Change NSW
- Glass Sand for Pipe Bedding- Boulderstone
- Water Resource Alliance – General Construction Specifications
- Environment Protection Act (Industrial Waste) Regulations 2009
- <http://www.transport.wa.gov.au>

EPA Publication 448.3\* May 2007 - CLASSIFICATION OF WASTES